Deutscher Bundestag **Drucksache 18/13180**
18. Wahlperiode 20.07.2017

Unterrichtung
durch die Bundesregierung

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2015

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Auftrag		4
I.	**Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr**	4
1.	Neue Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz	4
1.1	Radon in Innenräumen	4
1.2	Radon an Arbeitsplätzen	4
2.	Weiterentwicklung des Notfallschutzes durch Umsetzen der Erfahrungen aus Fukushima	5
3.	Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)	5
3.1	Umsetzung des Dosisgrenzwertes für Einzelpersonen der Bevölkerung für die Summe der Expositionen aus allen zugelassenen Tätigkeiten	5
3.2	Strahlenhygienische Aspekte bei Röntgenuntersuchungen zur Bestimmung der Körperzusammensetzung (insbesondere Knochendichtemessungen) mittels Dual X-ray Absorptiometry (DXA)	6
3.3	Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen	6
4.	European Joint Programme für die Strahlenforschung: CONCERT	6
5.	Trinkwasserverordnung	7
II.	**Natürliche Strahlenexposition**	8
1.	Arten natürlicher Strahlenquellen	8
2.	Beiträge zur Strahlenexposition	8
2.1	Kosmische und terrestrische Strahlung	8
2.2	Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau	9
2.3	Nahrungsmittel und Trinkwasser	11
2.4	Radon in Gebäuden	11
3.	Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition	12
3.1	Äußere und innere Strahlenexposition	12
3.2	Baumaterialien	12
3.3	Radon	12

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 19. Juli 2017 gemäß § 5 Absatz 2 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes.

Seite

III. Zivilisatorische Strahlenexposition 13
1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe 13
1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe 13
1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition 15
2. Sonstige kerntechnische Anlagen 19
2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager 19
2.2 Endlager 21
3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen 21
4. Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut 23
5. Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität 23
6. Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik sowie im Haushalt 24
6.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen 24
6.2 Hochradioaktive Strahlenquellen 25
6.3 Störstrahler 26
6.4 Konsumgüter und sonstige Anwendungen 26
7. Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche . . . 26
7.1 Tschernobyl 26
7.2 Fukushima 26
7.3 Kernwaffenversuche 26

IV. Berufliche Strahlenexposition 27
1. Zivilisatorische Strahlenquellen 27
1.1 Personendosisüberwachung 27
1.2 Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen 29
1.3 Inkorporationsüberwachung 29
2. Natürliche Strahlenquellen 30
2.1 Flugpersonal 30
2.2 Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe) 30
3. Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse 31

V. Medizinische Strahlenexposition 32
1. Röntgendiagnostik 32
2. Nuklearmedizinische Diagnostik 35
3. Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition . . . 36

VI. Nichtionisierende Strahlung 36
1. Elektromagnetische Felder 36
2. Optische Strahlung 41
2.1 Forschung zur UV-Strahlung 41
2.2 Solares UV-Monitoring in Deutschland 41
2.3 Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben 43
2.4 Hautkrebspräventionsmaßnahmen 43

Anhang:
Verwendete Abkürzungen 45
Erläuterung wichtiger Fachausdrücke 46
Stichwortverzeichnis 55

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2015 (Berichtsjahr, 1.1. bis 31.12.2015)

Wesentliche Ergebnisse im Berichtsjahr bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland:

Gesamtbewertung der ionisierenden Strahlung:

- Die berechnete Gesamtexposition beträgt 3,8 mSv pro Person und Jahr. Die Abweichung gegenüber dem Vorjahr (4,0 mSv) ergibt sich durch die vorläufige Form der Datenerhebung bei der Röntgendiagnostik.

Medizinische Strahlenexposition:

- Die Anzahl der Computertomographien pro Einwohner und Jahr hat zwischen 2007 und 2014 um 40% zugenommen (geändertes Berechnungsverfahren).
- Die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung durch medizinische Strahlenexposition bildgebender Verfahren beträgt 1,55 mSv (Daten von 2014).

Berufliche Strahlenexposition:

- Die mittlere Jahresdosis exponierter Personen liegt bei 0,46 mSv, damit leicht unter Vorjahresniveau (2014: 0,50 mSv).

Strahlenexposition des Flugpersonals:

- Die mittlere Jahresdosis beträgt 1,9 mSv (wie im Vorjahr).
- Die höchste Jahresdosis des fliegenden Personals liegt bei 5,7 mSv (2014: 6,3 mSv).

Register hochradioaktiver Strahlenquellen:

- Es ist eine Zunahme auf 40000 registrierte Quellen (2014: 34500) von 684 Genehmigungsinhabern (2014: 667) zu verzeichnen.

Schachtanlage Asse:

- Auf Grund der Anwendung eines präziseren Modells zur Ermittlung der Strahlenexposition ergeben sich effektive Jahresdosen von 0,1 µSv für Erwachsene und 0,4 µSv für Säuglinge.

Kernkraftwerksunfälle:

- Tschernobyl: Jährlich nehmen die Cäsium-137-Inventare aus dem Unfall um 2–3 % in Boden und Nahrungsmitteln ab; die Kontamination von Wild und Pilzen ist jedoch immer noch vergleichsweise hoch, Überschreitungen der Grenzwerte gibt es bei Wildschweinfleisch in Einzelfällen.
- Fukushima: Im Berichtsjahr wurden in Deutschland keine Radionuklidaktivitäten aus dem Unfall gemessen.

Nichtionisierende Strahlung:

- Ein Schwerpunkt der Forschungs- und Kommunikationsaktivitäten von BMUB und BfS liegt aktuell beim Ausbau der Stromnetze. Die Möglichkeiten zur Minimierung der von den Anlagen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder sind auszuschöpfen.
- NIR-Anwendungen am Menschen im Wellnessbereich gewinnen zunehmend an Bedeutung und müssen untersucht werden.
- Hautkrebspräventionsmaßnahmen müssen gefördert werden.
- Der UV-Index erreichte im Juni in Süddeutschland einen Wert von 9.

Alle im Text verwendeten Abkürzungen und Fachausdrücke sind im Anhang erklärt. Grundsätzliche Zusammenhänge von Strahlendosis und Strahlenwirkung sowie die Definition nichtionisierender Strahlung und ihrer Wirkungsmechanismen finden sich in den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Auftrag

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) vom 19. Dezember 1986 sieht die jährliche Berichterstattung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit an den Deutschen Bundestag und den Bundesrat über die Entwicklung der Radioaktivität in der Umwelt vor. Der vorliegende Bericht enthält die wichtigsten Informationen und Änderungen in diesem Bereich gegenüber den Vorjahren. Dazu werden die erhobenen Daten im Bereich Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zusammengefasst, aufbereitet und dokumentiert (§ 5 Absatz 1 und § 11 Absatz 7 StrVG).

Zusätzlich enthält dieser Bericht Informationen über den Bereich „nichtionisierende Strahlung“ (NIR).

Alle Angaben beziehen sich auf das Berichtsjahr 1.1. bis 31.12.2015, sofern nichts anderes angegeben ist. Ausführlicheres Datenmaterial ist den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html) zu entnehmen.

I. Ausgewählte Themen im Strahlenschutz im Berichtsjahr

Die Richtlinie 2013/59/Euratom[1], die am 6. Februar 2014 in Kraft getreten und bis zum 6. Februar 2018 in nationales Recht umzusetzen ist, wird das Strahlenschutzsystem durch die Unterscheidung von geplanten, bestehenden und notfallbedingten Expositionssituationen neu strukturieren. Die Richtlinie passt das Strahlenschutzrecht dem aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand an. Zudem weitet sie, mit dem Ziel einen umfassenden Strahlenschutz zu gewährleisten, den Anwendungsbereich des Strahlenschutzrechts aus, beispielsweise im Hinblick auf das natürlich vorkommende radioaktive Edelgas Radon - hier wird es neue Regelungen und einen Aktionsplan zum Schutz vor Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen geben.

1. Neue Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz

Im Rahmen eines nationalen Aktionsplanes sollen alle ressortübergreifenden Maßnahmen, die dem Schutz der Bevölkerung und der Arbeitnehmer vor erhöhter Radonkonzentration dienen, koordiniert werden. Dazu zählen unter anderem Maßnahmen zur Erarbeitung von Baurichtlinien, zur Entwicklung von Messstrategien, Untersuchungen zur Ableitung von Radongebieten und Informationskampagnen. Dieser Aktionsplan ist regelmäßig fortzuschreiben.

1.1 Radon in Innenräumen

Umfangreiche internationale epidemiologische Untersuchungen haben eindeutig festgestellt, dass Radon die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs darstellt. Für Nichtraucher ist sie sogar die häufigste Ursache. Auf Grund epidemiologischer Studien muss man davon ausgehen, dass alleine in Deutschland jährlich rund 1900 Menschen an den Folgen erhöhter Radonkonzentrationen in Wohnungen sterben. Aus diesem Grund sieht die europäische Grundnorm im Strahlenschutz vor, die Radonkonzentration in Innenräumen zu verringern (vgl. Abschnitt II.2.4).

National ist ein Referenzwert für den Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Innenräumen festzulegen. Dieser Referenzwert darf maximal 300 Bq/m^3 betragen.

Die Grundnormenrichtlinie fordert, dass neue Gebäude so zu errichten sind, dass ein Radoneintritt aus dem Boden in den Innenraum verhindert wird. In einigen europäischen Ländern sind schon Radonschutzmaßnahmen in Neubauten üblich, die den Eintritt des Radons vermindern. Dazu zählen zum Beispiel Vorrichtungen, die die Luft unter der Bodenplatte eines Hauses gezielt absaugen.

Eine Messpflicht für Privathäuser ist nicht vorgesehen. Jedoch sollen durch Informationen zum Radonrisiko Anreize für die Bevölkerung geschaffen werden, die Raumluftkonzentration in Wohnungen untersuchen zu lassen und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen.

1.2 Radon an Arbeitsplätzen

Die Euratom-Grundnormen[1] fordern von den Mitgliedsländern einen umfassenden Schutz der Beschäftigten vor einer erhöhten Radonkonzentration an Arbeitsplätzen und in öffentlichen Gebäuden. Dieser Schutz beruht auf drei Säulen:

- Festlegung eines Referenzwertes,
- eingeschränkte Verpflichtungen zum Messen,
- gestuftes Maßnahmesystem.

[1] Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung (Amtsblatt Nummer L 13/1)

Es ist ein Referenzwert für die Innenraumkonzentration am Arbeitsplatz von maximal 300 Bq/m^3 national festzulegen. Die Festlegung eines Referenzwertes soll ausdrücken, dass es sich bei Radon an Arbeitsplätzen primär um eine existierende Expositionssituation handelt. Ein Referenzwert ist ein Wert, der sich von einem Grenzwert dahingehend unterscheidet, dass eine Exposition oberhalb des Referenzwertes unangemessen ist und nicht langfristig hingenommen werden soll. Der Referenzwert für Radon wird als Langzeitmittelwert (Jahresmittelwert) der Raumluftkonzentration definiert. Dieser ist mittels einfacher und preiswerter Detektoren bestimmbar.

Die Euratom-Grundnorm sieht des Weiteren eine Messverpflichtung für Arbeitgeber vor. Diese gilt aber nicht allgemein, sondern unterliegt einer Priorisierung. Einerseits sollen Messungen an allen Arbeitsplätzen in Erd- und Untergeschossen stattfinden, die in Radongebieten liegen, andererseits sollen - unabhängig von dem Ort - Arbeitsplätze untersucht werden, die entsprechend ihrer Kategorie nach Anlage XVIII der RL 2013/59/Euratom einem erhöhten Radonrisiko unterliegen. Als Radongebiete werden die Regionen Deutschlands angesehen, in denen erwartet wird, dass der Referenzwert für die Raumluft in Innenräumen in erhöhtem Maße überschritten wird.

In den überwiegenden Fällen sind klassische Maßnahmen des Strahlenschutzes, wie Personendosimetrie, Zugangsbeschränkungen und Kennzeichnung an normalen Arbeitsplätzen nicht vertretbar. Aus diesem Grunde sieht die Grundnormenrichtlinie vor, dass nach einer eventuellen Überschreitung des Referenzwertes bauliche oder lüftungstechnische Maßnahmen vorgenommen werden sollen, um die Radonkonzentration zu verringern. Gelingt es nicht, durch diese Maßnahmen den Referenzwert zu unterschreiten oder sind keine Maßnahmen möglich, so ist der Arbeitsplatz bei der zuständigen Behörde anzumelden. Es folgt eine Dosisabschätzung für die Beschäftigten. Bei Überschreitung der Jahresdosis von 6 mSv sind angemessene Maßnahmen des beruflichen Strahlenschutzes zu ergreifen. Wird diese Dosis nicht erreicht, soll lediglich die Raumluftkonzentration regelmäßig überprüft werden.

Zur Ableitung von Radongebieten in Bezug auf Arbeitsplätze müssen vorliegende Messungen in Wohnungen sowie umfangreiche geostatistische Berechnungen herangezogen werden. Im Teil 3 der Strahlenschutzverordnung sind derzeit schon Arbeitsplätze definiert, an denen die Radonkonzentration bewertet werden muss. Dazu zählen Arbeitsplätze in Wasserwerken sowie unter Tage. Ob durch die Verringerung der Bemessungsgrenze von derzeit rund 1000 Bq/m^3 auf den Referenzwert von maximal 300 Bq/m^3 weitere Berufsfelder unter eine Messpflicht fallen werden, ist unklar. Entsprechende Untersuchungen sind initiiert bzw. werden vom Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführt.

2. Weiterentwicklung des Notfallschutzes durch Umsetzen der Erfahrungen aus Fukushima

Nach dem Unfall im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 hat das Bundesumweltministerium die SSK um Prüfung gebeten, ob die Lehren aus dem Reaktorunfall Änderungen des deutschen Regelwerkes für Notfallplanung und Notfallmaßnahmen erfordern.

In mehr als drei Jahren Bearbeitungszeit hat die SSK als Ergebnis dieser Prüfung fünf neue Empfehlungen (Fragestellungen zu Aufbau und Betrieb von Notfallstationen, Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken, Planung der Iodblockade in der Umgebung stillgelegter Kernkraftwerke, Prognose und Abschätzung von Quelltermen bei Kernkraftwerksunfällen, Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung stillgelegter Kernkraftwerke) erarbeitet und vier ältere Empfehlungen (Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen, Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden, Rahmenempfehlungen für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen durch Betreiber von Kernkraftwerken, Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen) aktualisiert. Schließlich hat sie weitere 76 Einzelempfehlungen im Rahmen einer umfassenden Bewertung zusammengestellt und in der 274. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 19./20. Februar 2015 verabschiedet.[2]

3. Beratungsergebnisse der Strahlenschutzkommission (SSK)

3.1 Umsetzung des Dosisgrenzwertes für Einzelpersonen der Bevölkerung für die Summe der Expositionen aus allen zugelassenen Tätigkeiten

Gemäß der Richtlinie 2013/59/Euratom, die von den Mitgliedsstaaten bis 6. Februar 2018 in nationales Recht umgesetzt werden muss, sind für den Grenzwert der effektiven Dosis einer Einzelperson der Bevölkerung von 1 mSv im Kalenderjahr alle solchen Tätigkeiten zu berücksichtigen, welche der behördlichen Zulassung durch ein Genehmigungs- oder Anzeigeverfahren unterliegen. Hingegen sind Expositionen durch Stoffe, die aus der behördli-

[2] veröffentlicht im BAnz AT 04.01.2016 B3, urn:nbn:de:101:1-201512213326

chen Kontrolle entlassen sind sowie Tätigkeiten, die von der behördlichen Kontrolle freigestellt sind, nicht zu berücksichtigen.

Die Strahlenschutzkommission empfiehlt, in einer „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) Tätigkeiten" festzulegen, wie der Grenzwert für die Summe der Expositionen aus allen zugelassenen Tätigkeiten bei der behördlichen Zulassung von Tätigkeiten berücksichtigt werden kann und welchen Einfluss er auf die Abschätzung von Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung sowie die Bewertung ihrer Ergebnisse haben sollte. Die Empfehlung der SSK wurde in der 274. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 19./20.02.2015 verabschiedet.[3]

3.2 Strahlenhygienische Aspekte bei Röntgenuntersuchungen zur Bestimmung der Körperzusammensetzung (insbesondere Knochendichtemessungen) mittels Dual X-ray Absorptiometry (DXA)

Die „Dual X-ray Absorptiometry" (DXA) ist ein Röntgenverfahren, mit dem anhand der Strahlenabsorption die Zusammensetzung des Gewebes untersucht wird und das vornehmlich für die Bestimmung der Knochendichte bei metabolischen Knochenerkrankungen eingesetzt wird. Neben diesen medizinischen Indikationen wird sie aber zunehmend auch für „Lifestyle-Diagnostik" angewandt, beispielsweise zum Nachweis des Rückgangs des abdominalen Körperfetts im Rahmen einer Gewichtsreduktion oder zur Beobachtung des Muskelaufbaus beim Sport und Bodybuilding.

Die SSK hat den Nutzen der DXA-Anwendungen unter Strahlenschutzaspekten kritisch geprüft. Sie betont, dass bei der Anwendung der DXA die Grundsätze des Strahlenschutzes trotz der geringen Strahlendosis einzuhalten sind. Der Einsatz der DXA für jegliche Anwendung ohne medizinische Indikation (wie die Lifestyle-Diagnostik) ist unter strahlenhygienischen Gesichtspunkten ungerechtfertigt und damit unzulässig. Diese Stellungnahme der Strahlenschutzkommission wurde in der 274. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 19./20.02.2015 verabschiedet[4].

3.3 Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

Deutsche Kernkraftwerke verfügen über Sicherheitseinrichtungen sowie vorgeplante Maßnahmen, die das Eintreten eines kerntechnischen Unfalls mit relevanten radiologischen Auswirkungen in der Umgebung praktisch ausschließen sollen. Zu einem solchen Ereignisablauf kann es nur dann kommen, wenn die vorhandenen, mehrfach gestaffelten Sicherheitsmaßnahmen nicht greifen sollten und die zusätzlichen Maßnahmen zur Verhinderung schwerer Kernschäden und zur Eindämmung ihrer radiologischen Folgen nicht erfolgreich wären. Für diesen Fall erarbeiten die Länder Katastrophenschutzplanungen für die Umgebung von Kernkraftwerken, die auf Rahmenempfehlungen des Bundes basieren.

Die vorliegenden Empfehlungen zur Erstellung von Katastrophenschutzplänen aus dem Jahr 2008 wurden von der SSK 2014 überarbeitet, um sie an die Empfehlungen anzupassen, die die SSK nach dem Unfall im Kernkraftwerk Fukushima als Ergebnis der Überprüfung des Regelwerks für den Notfallschutz ausgesprochen hat.

Die Empfehlung der Strahlenschutzkommission wurde in der 274. Sitzung der SSK am 19./20.02.2015 verabschiedet, vom Hauptausschuss des Länderausschusses für Atomkernenergie am 25./26. Juni 2015 zustimmend zur Kenntnis genommen und von der Ständigen Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder in deren 203. Sitzung am 3./4. Dezember 2015 zur Kenntnis genommen[5].

4. European Joint Programme für die Strahlenforschung: CONCERT

Das „European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research" wird als Europäisches Forschungsprogramm unter der Bezeichnung **CONCERT** durchgeführt. CONCERT koordiniert die Forschung im Bereich Strahlenschutz in Europa und in den Mitgliedsstaaten der EU über ein gemeinsames Forschungsprogramm. Die Finanzierung erfolgt durch EU und Mitgliedsstaaten gemeinsam (Co-Funding).

Über 50 Partnerinstitutionen aus nahezu allen EU-Ländern und aus Norwegen haben sich zusammengefunden, um ihre Kompetenzen und Forschungsaktivitäten zu bündeln und so den Strahlenschutz in allen Anwendungsbereichen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Medizin, Industrie und Forschung zu verbessern. Die EU wird das bisher größte Strahlenschutz-Forschungsprogramm in Europa mit knapp 20 Millionen Euro, verteilt über die nächsten 5 Jahre (1. Juni 2015 bis 31. Mai 2020), unterstützen. Damit trägt sie 70% des mit etwa 28 Millionen Euro veranschlagten Programms.

---

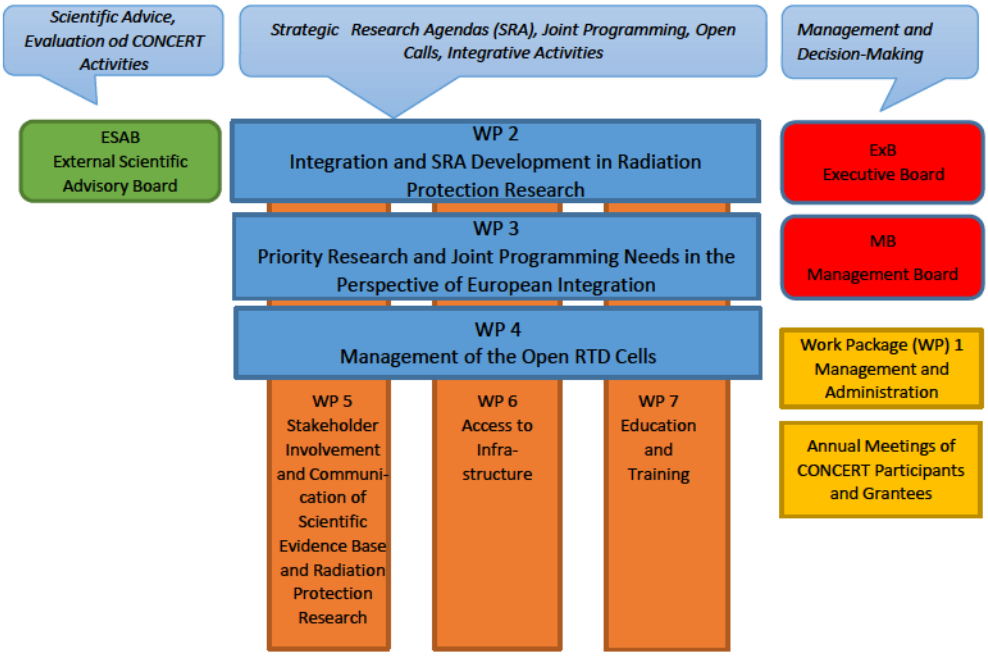
[3] veröffentlicht im BAnz AT 23.11.2015 B6, urn:nbn:de:101:1-201512213366

[4] veröffentlicht im BAnz AT 26.11.2015 B4, urn:nbn:de:101:1-201512213358

[5] veröffentlicht im BAnz AT 04.01.2016 B4, urn:nbn:de:101:1-201512213337

Abbildung I.4-1

Struktur des „European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research“ CONCERT



Zu aktuellen Schwerpunktthemen aus allen Bereichen des Strahlenschutzes wurde im Berichtsjahr eine öffentliche Ausschreibung vorbereitet, die 2016 durchgeführt wurde. Im Rahmen dieser Ausschreibung haben Universitäten und Forschungsinstitutionen aus ganz Europa die Gelegenheit, sich zu Konsortien zusammenzuschließen und Vorschläge zu Forschungsarbeiten einzureichen. Im Rahmen des verfügbaren Budgets können 3 Forschungsvorhaben in verschiedenen Bereichen des Strahlenschutzes gefördert werden. Eine weitere Ausschreibung ist im Frühjahr 2017 geplant.

Ziel von CONCERT ist es, basierend auf den aktuellen strategischen Forschungsprogrammen der europäischen Forschungsplattformen MELODI (Strahlenwirkungen und -risiken), ALLIANCE (Radioökologie), NERIS (Nuklearer und radiologischer Notfallschutz), EURADOS (Strahlendosimetrie) und EURAMED (Medizinischer Strahlenschutz, ab 2016) ein gemeinsames Europäisches Programm für Strahlenschutzforschung in Europa zu etablieren. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS sind an den Arbeiten dieser Forschungsplattformen seit vielen Jahren aktiv beteiligt und haben insbesondere durch Leitung und Mitarbeit in den entsprechenden Arbeitsgruppen die strategische Ausrichtung der Forschungsprogramme entscheidend mitgeprägt.

CONCERT führt die erforderlichen wissenschaftlichen Expertisen unter anderem aus den Gebieten Strahlenbiologie, Biophysik, Epidemiologie, Radioökologie, Dosimetrie und Modell-/Prognoseentwicklung auf europäischem Niveau zusammen und integriert sie in gemeinsamen Forschungsvorhaben. Die Forschung muss darauf ausgerichtet sein, den Strahlenschutz in Europa zu verbessern, offene Fragen zu beantworten, Unsicherheiten zu verringern und die Umsetzung der Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz in nationale gesetzliche Regelungen wissenschaftlich zu unterstützen sowie die Grundlagen für zukünftige gesetzliche Regelungen im Strahlenschutz zu schaffen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) koordiniert CONCERT. Dadurch vertieft das BfS die Zusammenarbeit mit anderen europäischen Institutionen im Bereich der Forschungsförderung und nimmt entscheidenden Einfluss auf die inhaltliche Gestaltung der zukünftigen europäischen Forschungslandschaft im Bereich Strahlenschutz.

5. Trinkwasserverordnung

Der Rat der Europäischen Union hat am 22. Oktober 2013 die Richtlinie 2013/51/Euratom zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch[6] erlassen. Diese wurde mit der am 26. November 2015 in Kraft getretenen Dritten Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung in deutsches Recht umgesetzt[7]. Zwar enthielten die vorherigen

Fassungen der Trinkwasserverordnung ebenso wie die EG-Trinkwasserrichtlinie bereits Vorgaben hinsichtlich radioaktiver Stoffe, allerdings fehlten bislang die zu deren Ermittlung notwendigen Konkretisierungen.

Mit der Dritten Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung werden Anforderungen an die Messung und Überwachung der Trinkwasserqualität im Hinblick auf künstliche und natürliche radioaktive Stoffe festgelegt. Vorgegeben werden Parameterwerte für Radon-222, für Tritium und für die Richtdosis (effektive Ingestionsdosis). Im Hinblick auf die Ermittlung der Richtdosis werden für den praktischen Vollzug messbare Referenz-Aktivitätskonzentrationen der dosisrelevanten natürlichen Radionuklide (Uran-238, Uran-234, Radium-226, Radium-228, Blei-210, Polonium-210) sowie der künstlichen Radionuklide (Kohlenstoff-14, Strontium-90, Plutonium-239/-240, Americium-241, Cobalt-60, Cäsium-134, Cäsium-137, Iod-131) im Trinkwasser angegeben. Für die Prüfung und Überwachung der Einhaltung der vorgegebenen Parameterwerte im Trinkwasser werden Anforderungen an die Probennahme, Untersuchungsstrategie, Untersuchungsstellen und Untersuchungsverfahren sowie Vorgaben für die Untersuchungshäufigkeiten und Bewertung der Untersuchungsergebnisse formuliert. Diese Regelungen sind die Grundlage, um in Einzelfällen Maßnahmen zur Reduzierung von radioaktiven Stoffen im Trinkwasser ergreifen zu können und die Qualität des Trinkwassers im Hinblick auf den Gehalt an radioaktiven Stoffen sicherzustellen. Die Unternehmer und sonstigen Inhaber einer Wasserversorgungsanlage sind grundsätzlich verpflichtet, Untersuchungen des Trinkwassers im Hinblick auf Radionuklide natürlichen Ursprungs durchzuführen. Da in Deutschland eine regelmäßige behördliche Überwachung der künstlichen Radioaktivität in der Umwelt bereits stattfindet[8,9], sind Untersuchungen des Trinkwassers auf „künstliche Radionuklide“ in der Regel nicht erforderlich.

II. Natürliche Strahlenexposition

1. Arten natürlicher Strahlenquellen

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Es wird zwischen der äußeren und der inneren Strahlenexposition des Menschen unterschieden.

Äußere Strahlenexposition

Zur äußeren Strahlenexposition trägt neben der aus dem Weltall stammenden kosmischen Strahlung die Gammastrahlung bei, die von den in Böden, Gesteinen und Baumaterialien vorkommenden Radionukliden ausgeht und als terrestrische Strahlung bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um Radionuklide aus der Uran-238-, der Uran-235- und der Thorium-232-Zerfallsreihe sowie das Einzelnuklid Kalium-40. Diese natürlichen radioaktiven Bestandteile des Bodens gelangen über die Nahrungskette und das Wasser letztlich in den menschlichen Organismus und tragen somit auch zur inneren Strahlenexposition bei.

Innere Strahlenexposition

Aus der Inkorporation natürlicher Radionuklide durch Ingestion von Nahrungsmitteln und Inhalation luftgetragener natürlicher Radioaktivität resultiert eine innere Strahlenexposition. Die Inhalation von Radon-222, das ein gasförmiges Zerfallsprodukt aus der Uran-238-Zerfallsreihe ist, liefert den Hauptbeitrag zur natürlichen Strahlenexposition. Verantwortlich dafür sind seine kurzlebigen Zerfallsprodukte. Der Beitrag, der durch die Inhalation von Radon-220 (Thoron) und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte zustande kommt, ist dagegen unter den in Deutschland vorherrschenden Bedingungen gering.

2. Beiträge zur Strahlenexposition

2.1 Kosmische und terrestrische Strahlung

Die Strahlung, die die Erdatmosphäre aus dem Kosmos trifft (hauptsächlich Protonen), löst sekundäre kosmische Teilchen- und Gammastrahlung aus. Sie verursacht in Höhe des Meeresspiegels eine jährliche effektive Dosis von etwa 0,24 mSv und nimmt mit der Höhe über dem Meeresspiegel zu (Verdopplung bei jeweils 1500 m Höhenzu-

---

[6] Richtlinie 2013/51/Euratom des Rates vom 22. Oktober 2013 zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch. Amtsblatt der Europäischen Union Nummer L 296 Seite 12 vom 07.11.2013

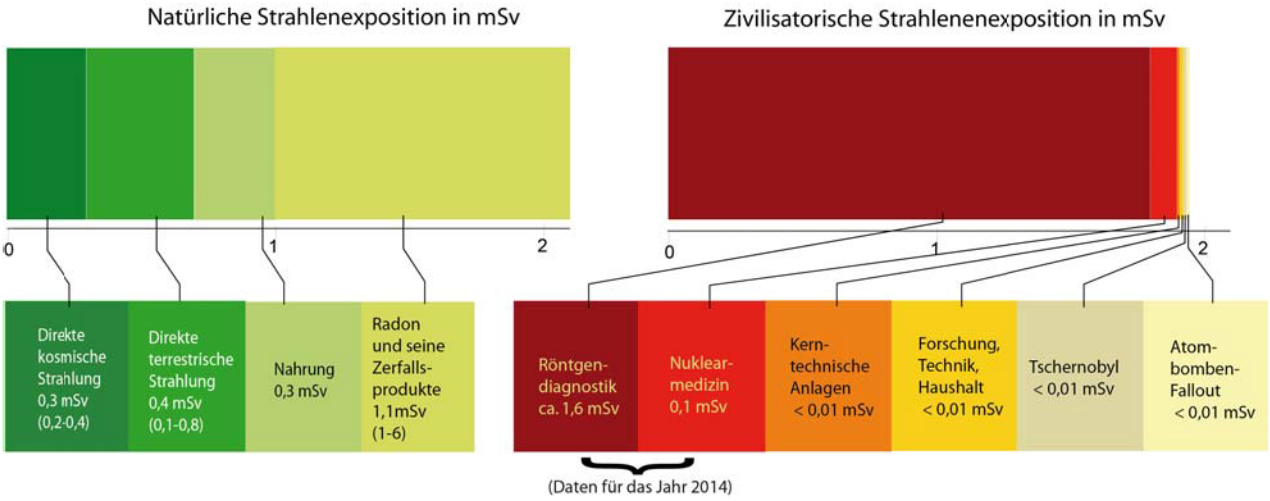
[7] Dritte Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung vom 18. November 2015. Bundesgesetzblatt I Seite 2076

[8] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG) vom 19. Dezember 1986. Bundesgesetzblatt I Seite 2610 (zuletzt geändert in Bundesgesetzblatt I Seite 1474 vom 31. August 2015)

[9] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS) vom 13. Dezember 2006. Bundesanzeiger Nummer 244a Seite 4–80

Abbildung II.2-1

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2015, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands (Wertebereich in Klammern)



nahme). Die Neutronenkomponente der sekundären kosmischen Strahlung verursacht in Höhe des Meeresspiegels nur eine jährliche effektive Dosis von etwa 0,03 mSv. Die Dosisrate der Neutronenkomponente steigt mit zunehmender Höhe jedoch stark an und beträgt in üblichen Reiseflughöhen das Tausendfache. Insgesamt beträgt die jährliche effektive Dosis aus der kosmischen Strahlung an der Erdoberfläche etwa 0,3 mSv (Abbildung II. 2-1).

Die durch die terrestrischen Radionuklide verursachte äußere Strahlenexposition ist auf den Gehalt der Böden, der Gesteine und vor allem der Baumaterialien an den Nukliden der Thorium- und der Uran-Radiumzerfallsreihe sowie an Kalium-40 zurückzuführen. Im Freien auf nicht versiegelten Flächen ist sie vom Gehalt der genannten Radionuklide in der obersten Bodenschicht bis zu ca. 50 cm Tiefe abhängig. Im Mittel wurden dort für die terrestrische Gamma-Ortsdosisleistung 57 nSv/h bestimmt (Photonen-Äquivalentdosisleistung, Nanosievert pro Stunde, siehe Anhang). Höhere Werte, lokal auch über 200 nSv/h, wurden insbesondere in Gebieten festgestellt, in denen an der Oberfläche Granitmassive anstehen und über Böden in solchen Gebieten. Beispiele dafür sind die Bergbaugebiete in Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt sowie Gebiete im Bayerischen Wald und im Schwarzwald.

Abbildung II. 2-2 zeigt als Maß für die geographische Verteilung der externen Strahlenexposition im Freien die Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe in der Bundesrepublik Deutschland. Abgesehen von den unterschiedlichen Gehalten an terrestrischen Radionukliden spiegelt sie auch die mit der Höhe zunehmende kosmische Strahlung wider. Die terrestrische Strahlung trägt im Mittel einen Anteil von 40 nSv/h, die kosmische Strahlung 32 nSv/h zur effektiven Dosis bei. Bei einem mittleren Aufenthalt von 5 Stunden pro Tag im Freien ergibt die Summe dieser beiden Werte pro Jahr im Mittel 0,13 mSv.

In urbanen Gebieten wird die terrestrische Strahlung im Freien überwiegend durch den Gehalt an Radionukliden in den Materialien verursacht, die zum Straßen- und Häuserbau verwendet worden sind und nur zu einem geringen Teil durch den Radionuklidgehalt in Böden oder Gesteinen.

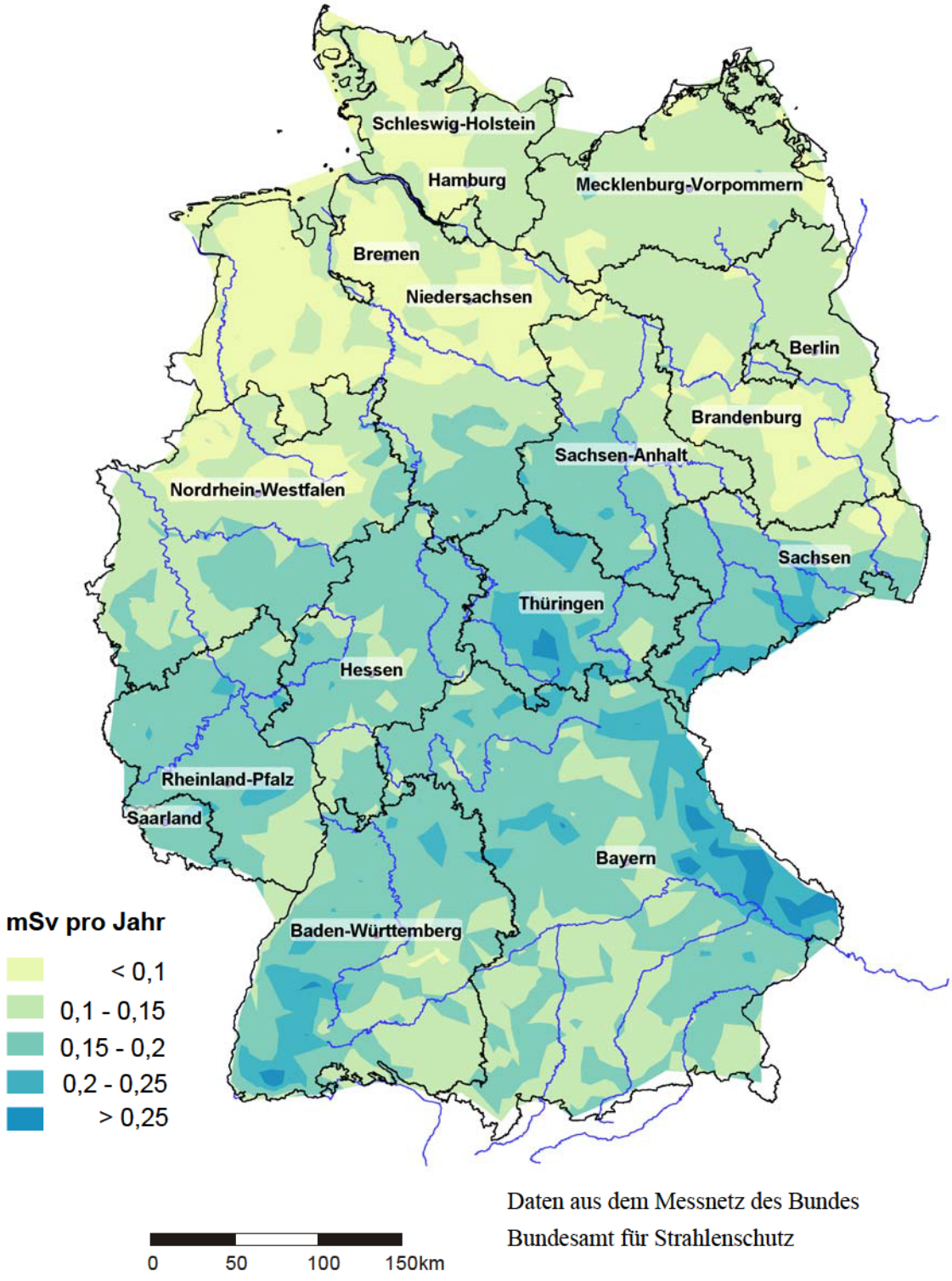
In Gebäuden wird die äußere Strahlenexposition durch den Gehalt an Radionukliden in den verwendeten Baustoffen bestimmt (Abschnitt II.3.2). Bei einem Wertebereich von 20 bis 700 nSv/h beträgt die Gamma-Ortsdosisleistung im Mittel 80 nSv/h. Dies entspricht einer effektiven Dosis von 56 nSv/h (die verschiedenen Dosisgrößen sind im Anhang kurz erläutert). Zusammen mit der kosmischen Komponente von 26 nSv/h ergibt dies bei einem mittleren Aufenthalt von 19 Stunden pro Tag in Gebäuden pro Jahr im Mittel 0,57 mSv. Addiert man zu diesem Wert die Strahlenexposition im Freien (0,13 mSv), erhält man als Mittelwert 0,7 mSv für die gesamte äußere Strahlenexposition durch natürliche Strahlenquellen. Dazu tragen die Radionuklide im Boden und in Baumaterialien 0,4 mSv bis 0,5 mSv und die kosmische Strahlung 0,3 mSv bei (Abbildung II. 2-1).

2.2 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien, Industrieprodukten und im Bergbau

Das durch radioaktiven Zerfall aus Ra-226 entstehende Rn-222 ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen mineralischen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sowie

Abbildung II.2-2

Externe Strahlenexposition im Freien im Jahr 2015 in Deutschland beim Aufenthalt von täglich 5 Stunden (abgeleitet aus der Gamma-Ortsdosisleistung in Bodennähe)



Daten aus dem Messnetz des Bundes
Bundesamt für Strahlenschutz

in den Naturwerksteinen wurden allerdings Ra-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für im Sinne des Strahlenschutzes relevante Radonkonzentration in Wohnungen (siehe Abschnitt II.2.4) sind.

Vor dem Hintergrund der neuen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz und den Regelungen zu der von Baustoffen ausgehenden Gammastrahlung wurde in einem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V. (bbs) die Radionuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten untersucht. Die Spannweite der Ergebnisse der massespezifischen Aktivitätsmessungen in den Baustoffen ist in den Jahresberichten des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zusammengefasst.

Örtlich können auch Hinterlassenschaften des Bergbaus und der Industrie, die erhöhte Gehalte an Radionukliden der Uran-Radium-Zerfallsreihe - in einigen Fällen auch der Thorium-Zerfallsreihe - aufweisen, zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche Radionuklide beitragen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Hinterlassenschaften des ehemaligen Uranbergbaus und der -verarbeitung in Sachsen und Thüringen, bei denen Sanierungsmaßnahmen zur Senkung der Strahlenexposition durchgeführt werden. Über die dabei unvermeidlichen Ableitungen natürlicher Radionuklide, die mit Genehmigung der zuständigen Behörden erfolgen, und die dadurch verursachten Strahlenexpositionen informiert der Abschnitt III.4.

2.3 Nahrungsmittel und Trinkwasser

Die innere Strahlenexposition durch Ingestion von Nahrungsmitteln wird überwiegend durch den Kaliumgehalt des Körpers bestimmt, der zu einem bestimmten Anteil aus Kalium-40 besteht. Er ist auf Grund spezieller biologischer Regelmechanismen weitgehend konstant und variiert kaum mit der Nahrungsaufnahme. Der durchschnittliche Kalium-40-Gehalt im Körper eines Erwachsenen beträgt 4000 Bq. Daraus ergibt sich eine jährliche effektive Dosis in Höhe von 0,17 mSv.

Für die übrigen Radionuklide hängt die innere Strahlenexposition von der Aufnahme der Radionuklide mit der Nahrung ab und wird entsprechend ermittelt. Auf Grund der unterschiedlichen geologischen Bedingungen variieren die Gehalte natürlicher Radionuklide in den Umweltmedien und deshalb auch in den Nahrungsmitteln. Für die mittleren Verhältnisse in Deutschland wird in Anlehnung an den UNSCEAR-Report 2008[10] abgeschätzt, dass sich durch die Aufnahme natürlicher Radionuklide mit der Nahrung und dem Trinkwasser eine jährliche effektive Dosis im Bereich von 0,3 mSv ergibt. Die Ergebnisse des BfS-Trinkwasser-Messprogramms finden sich im Bericht für das Jahr 2009 und unter www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/lebensmittel/trinkwasser/trinkwasser.html.

Im Oktober 2013 ist die Richtlinie 2013/51/Euratom zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch in Kraft getreten. Unter anderem auf Grundlage der Ergebnisse des BfS-Trinkwasser-Messprogramms haben BMUB und BfS gemeinsam ein Untersuchungskonzept zur Überwachung der Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe entwickelt. Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) aus dem Jahr 2013 wurde im November 2015 geändert[11](siehe Abschnitt I.5).

2.4 Radon in Gebäuden

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden in den vergangenen Jahren Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und in Gebäuden durchgeführt. Der Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen liegt in Deutschland bei 50 Bq/m^3. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Aufenthaltszeit in den Räumen von ca. 19 Stunden pro Tag einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 mSv. In Einzelfällen wurden Höchstwerte in Räumen von bis zu 10 000 Bq/m^3 festgestellt. Bereits bei Radonkonzentrationen über 100 Bq/m^3 zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 10 % pro 100 Bq/m^3. Welche Radonkonzentrationen in einzelnen Gebäuden anzutreffen sind, hängt vom geologischen Untergrund am Gebäudestandort und der Radondichtheit der Gebäudehülle ab, da in den überwiegenden Fällen das in der Bodenluft vorkommende und durch erdberührende Wände und die Bodenplatte in das Haus eindringende geogene Radon die Ursache für eine erhöhte Radoninnenraumkonzentration ist.

In den Regionen mit einer Bodenluftkonzentration von mehr als 20 000 Bq/m^3 sind Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft zu empfehlen, um die tatsächliche Strahlenexposition betroffener Personen durch Radon bewerten und gegebenenfalls angemessene Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Bei der Planung neuer Gebäude sind Maßnahmen zur Begrenzung des Radoneintritts aus dem Boden in das Gebäude in Betracht zu ziehen, deren Umfang sich an den Standortbedingungen orientieren sollte. Bei der Bauausführung ist besonde-

[10] United Nations, Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with 2 Scientific Annexes. Volume I, www.unscear.org/unscear/en/publications.html

[11] Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (Bundesgesetzblatt I Seite 2977), gändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2015 (Bundesgesetzblatt I Seite 2076)

res Augenmerk auf die dichte Verbindung der einzelnen Elemente des Feuchteschutzes sowie die fachgerechte Abdichtung von Rohr- und Leitungsdurchführungen zu legen. Insbesondere bei Radonkonzentrationen in der Bodenluft von über 100 kBq/m^3 ist auch bei neu errichteten Gebäuden ohne Radonschutzmaßnahmen häufig mit Radonkonzentrationen über 100 Bq/m^3 zu rechnen. Ausführlicheres Datenmaterial auch in Form von Tabellen ist den Jahresberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (www.bfs.de/DE/mediathek/berichte/umweltradioaktivitaet/umweltradioaktivitaet.html) zu entnehmen.

3. Bewertung der Komponenten der natürlichen Strahlenexposition

3.1 Äußere und innere Strahlenexposition

Wie im Abschnitt II.2.1 dargestellt, beträgt der Mittelwert für die äußere Strahlenexposition mit Beiträgen für den Aufenthalt im Freien und in Häusern 0,7 mSv pro Jahr. Aus der Inhalation und Ingestion natürlicher Radionuklide ergibt sich bei üblichen Lebens- und Ernährungsgewohnheiten im Mittel eine jährliche effektive Dosis von etwa 1,4 mSv. In der Summe ergibt sich in Deutschland eine mittlere jährliche effektive Dosis von 2,1 mSv. Abbildung II. 2-1 zeigt die Beiträge einzelner Komponenten der Strahlenexposition zur mittleren jährlichen effektiven Dosis der Bevölkerung. In Anbetracht der Variationsbreite der einzelnen Komponenten, insbesondere der Exposition durch die Inhalation von Rn-222 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten, liegt die jährliche effektive Dosis im Mittel in Deutschland im Bereich zwischen 2 und 3 mSv. Im UNSCEAR- Report 2008[10] wird für die durchschnittlichen Verhältnisse weltweit ein Wert von 2,4 mSv angegeben.

Vor allem das Rn-222, das aus dem Baugrund in die Gebäude gelangt, und die natürlichen Radionuklide in Baumaterialien sind Ursachen der bereits genannten Unterschiede der natürlichen Strahlenexposition. Weitere Informationen dazu und auch zu den Möglichkeiten, die dadurch verursachten Strahlenexpositionen zu begrenzen, werden in den folgenden Abschnitten, Abschnitt II.3.2 und Abschnitt II.3.3 gegeben.

3.2 Baumaterialien

Die von den Baustoffen ausgehende Gammastrahlung führt zu einer mittleren Umgebungsäquivalentdosisleistung in Wohngebäuden von rund 0,6 mSv/a, was einer jährlichen effektiven Dosis von 0,3 mSv entspricht.

Bei der Mehrzahl der Baustoffgruppen wurde eine Gesamtdosis deutlich unterhalb von 1 mSv/a abgeschätzt. Dieser Wert kann bei den Produktgruppen Ziegel, Leichtbeton und Beton, die allerdings die Massenprodukte darstellen, von wenigen Produkten überschritten werden. Selbstverständlich sind bei wechselnden Rohstoffen oder Zusätzen von Rückständen mit erhöhten Radionuklidgehalten Veränderungen der durchschnittlichen Exposition von 0,3 mSv/a nach oben und unten möglich.

Die durchgeführten Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass der baustoffbedingte Anteil an der Radonkonzentration in Innenräumen grundsätzlich unter 20 Bq/m^3 liegt. 20 Bq/m^3 würden zu einer Dosis von 0,4 mSv pro Jahr führen. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass - wie national und international in der Vergangenheit beobachtet - in Einzelfällen Materialien eingesetzt werden können, die zu einer erhöhten Radoninnenraumkonzentration führen.

Die Ergebnisse des aktuellen Untersuchungsprogramms des BfS zur Radioaktivität von Baustoffen für Innenräume in Deutschland haben gezeigt, dass deren Beitrag zur externen Strahlenexposition in der Regel deutlich kleiner als der von der EU dafür vorgesehene Bewertungsmaßstab von 1 mSv pro Jahr ist. Wie aus früheren Messungen bekannt zeigen Gips, Kalksandstein, Porenbeton, Mörtel, Putz und Estriche ausnahmslos niedrige spezifische Aktivitäten für die relevanten Radionuklide. Etwas höhere Werte sind erwartungsgemäß bei Baustoffen auf Basis von Ton (Ziegel) und bei Leichtbeton infolge des Einsatzes von Bims beobachtet worden. Für diese sind in Einzelfällen auch Strahlenexpositionen von über 1 mSv/a nicht ausgeschlossen.

In Übereinstimmung mit den Vorgaben der gegenwärtig in Überarbeitung befindlichen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz und den „Basic Safety Standards (BSS)“ der IAEA werden künftig auch in Deutschland Regelungen getroffen, um nicht nur die Strahlenexposition durch Zusätze bestimmter industrieller Rückstände auf Werte unterhalb 1 mSv/a, sondern auch den Beitrag bereits natürlicherweise in den Ausgangsstoffen vorhandener Radioaktivität zu begrenzen.

3.3 Radon

Der Einfluss der Radonabgabe aus mineralischen Baumaterialien wird im Vergleich zum geogenen Radon allgemein als gering angesehen. Im Zuge einer Diskussion um eine mögliche Einbeziehung der Radonabgabe eines Baustoffes als Zulassungskriterium in der Bauproduktrichtlinie und um die vorhandene Datenbasis zu aktualisieren, wurde die Radonabgabe von in Deutschland aktuell üblichen Produkten in einem Projekt untersucht.

Generell von untergeordneter Bedeutung für die Radonkonzentrationen in Innenräumen ist in Deutschland das in Wasser gelöste Radon, welches bei dessen Anwendung in die Raumluft freigesetzt wird.

Im Jahr 2005 startete die Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein internationales Radonprojekt, um die Gesundheitsaspekte einer Radonexposition zu analysieren und Empfehlungen für Messungen und Sanierungen sowie Leitfäden zur administrativen Regelung in den Mitgliedsstaaten zu formulieren. Als Ergebnis dieser weltweiten Betrachtung weist die WHO im 2009 veröffentlichten WHO-Radonhandbuch[12] wiederholt darauf hin, dass Radon ein wichtiges Gesundheitsproblem darstellt und für den Menschen krebserregend ist. Ferner wird festgestellt, dass die Unsicherheit bei der Risikoabschätzung geringer ist als bei anderen krebserregenden Stoffen. In diesem Handbuch wird empfohlen, die Radonkonzentration möglichst auf unter 100 Bq/m^3 zu begrenzen. Wo dies nicht möglich ist, wird ein Referenzwert von höchstens 300 Bq/m^3 empfohlen. Bei Neubauten sind Maßnahmen einzusetzen, die zu einer Konzentration deutlich unter 100 Bq/m^3 führen sollten.

Eine Zusammenstellung wichtiger Innenraumschadstoffe als Teil der neuen Leitlinien zur Raumluftqualität wurde im Jahr 2010 von der WHO veröffentlicht. In dieser Zusammenfassung wird Radon als Innenraumschadstoff aufgeführt. Das aus den epidemiologischen Studien abgeleitete zusätzliche Lebenszeitrisiko in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, beträgt im Alter von 75 Jahren 0,6 $\cdot 10^{-5}$ pro Bq/m^3 Radonkonzentration, d.h. sechs Fälle pro einer Million Betroffener für lebenslange Nichtraucher bzw. 15 $\cdot 10^{-5}$ pro Bq/m^3 (für Raucher). Das Risiko für Ex-Raucher liegt dazwischen und verringert sich mit zunehmender Abstinenzdauer. Die Radonkonzentration, die mit einem zusätzlichen Lebenszeitrisiko von 1 pro 100 oder 1 pro 1000 einhergeht, beträgt dementsprechend 67 Bq/m^3 bzw. 6,7 Bq/m^3 für Raucher und 1670 Bq/m^3 bzw. 167 Bq/m^3 für lebenslange Nichtraucher.

Im Jahr 2010 wurde im Auftrag des BfS für Deutschland erstmalig eine Kosten-Nutzen-Analyse mit unterschiedlichen potenziellen Regelungsszenarien durchgeführt[13]. Es wurden verschiedene Szenarien untersucht, die in bauliche Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden und das radonsichere Errichten von Neubauten unterteilt wurden. Zudem gingen unterschiedliche Eingriffsniveaus von 100, 200 und 400 Bq/m^3 Innenraumluft, die Unterscheidung nach freiwilligen und verpflichtenden Maßnahmen sowie unterschiedliche regionale Ebenen in die Berechnung ein. Der Interventionseffekt wurde in Form verminderter Lungenkrebserkrankungen und gewonnener qualitätsadjustierter Lebensjahre (QALY) dargestellt. Aus der Perspektive der durch etablierte Methoden ermittelten Kosteneffektivität ist festzustellen, dass für Deutschland allgemein die Sanierung bestehender Gebäude mit einem verpflichtenden Eingreifwert von 100 Bq/m^3 mit anschließender Erfolgskontrolle die geringsten Kosten verursacht. Für Radon-Hochrisiko-Gebiete ist das radonsichere Bauen hingegen vorzuziehen.

Die neuen Euratom-Grundnormen enthalten umfangreiche Neuregelungen und einen Aktionsplan zum Schutz der Bevölkerung und der Arbeitnehmer vor erhöhter Radonkonzentration. Details dazu sind in Abschnitt I.1 dieses Berichts zu finden.

III. Zivilisatorische Strahlenexposition

1. Kernkraftwerke, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

1.1 Jahresableitungen radioaktiver Stoffe

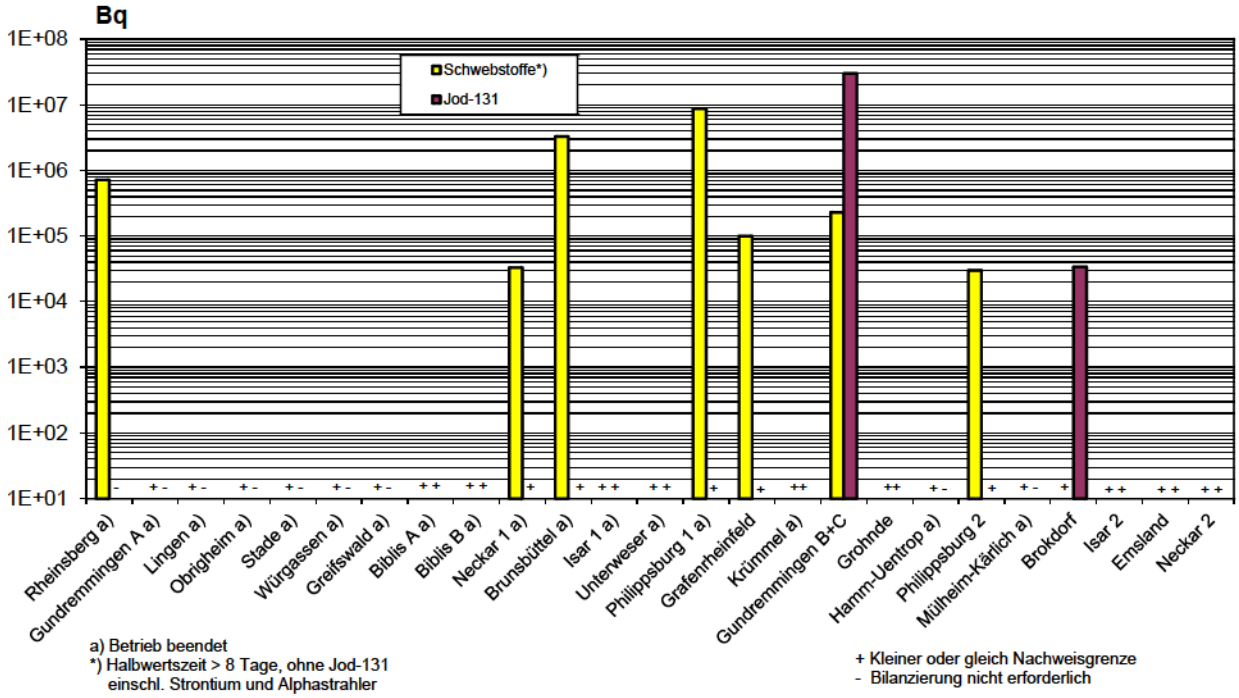
Ausführlicheres Datenmaterial auch in Form von Tabellen ist den Jahresberichten des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen. Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachtanlage Asse II für das Jahr 2015 sind dort getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2015 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten wurden (Kernkraftwerke: Abbildungen III. 1-1, III. 1-2 und III. 1-3; Forschungszentren: Abbildungen III. 1-4 und III. 1-5; Morsleben und Asse: Abbildung III. 2-2).

[12] WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, 2009, wholibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf

[13] Egblomassé-Roidl C. Gesundheitsökonomische Betrachtung zu Radonsanierungsmaßnahmen. In: Bernhard-Ströl C, Gödde R, Hachenberger C, Löbke-Reinl A, Schmitt-Hannig A (Hrsg.). Strahlenschutzforschung - Programmreport 2010. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BfS-SCHR-49/11, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201111236640, Salzgitter 2011

Abbildung III.1-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2015
Schwebstoffe und Jod-131

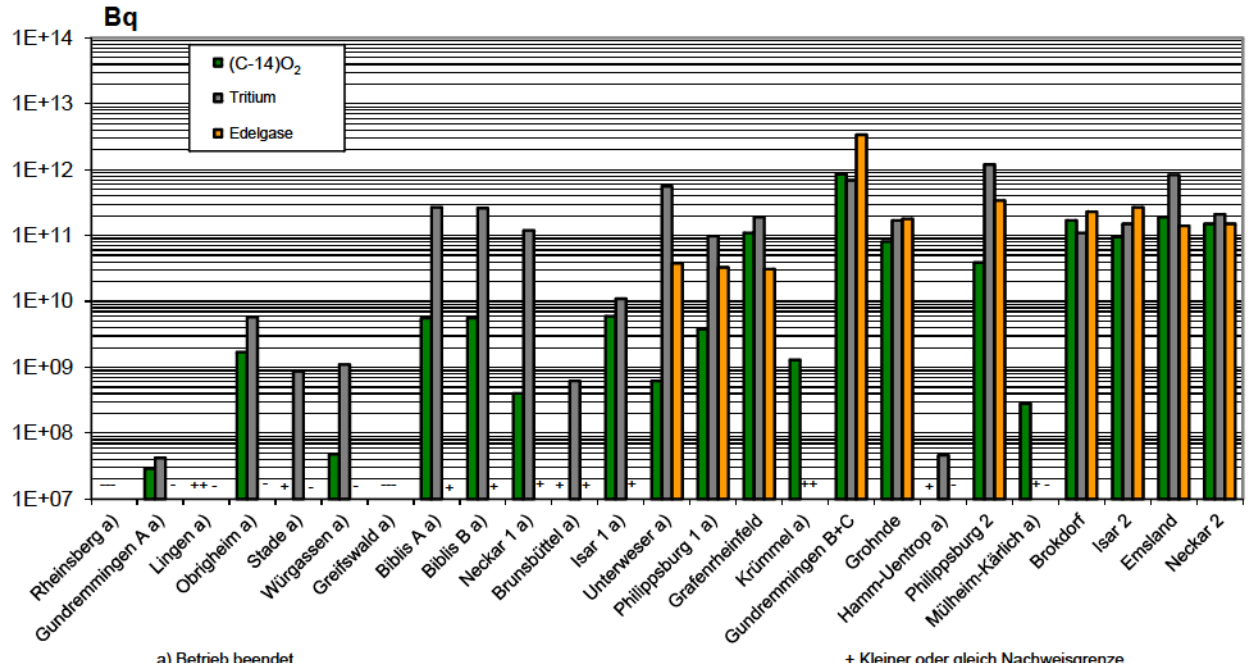


a) Betrieb beendet
*) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Jod-131 einschl. Strontium und Alphastrahler

\+ Kleiner oder gleich Nachweisgrenze
\- Bilanzierung nicht erforderlich

Abbildung III.1-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2015
$(C\text{-}14)O_2$, Tritium und Edelgase

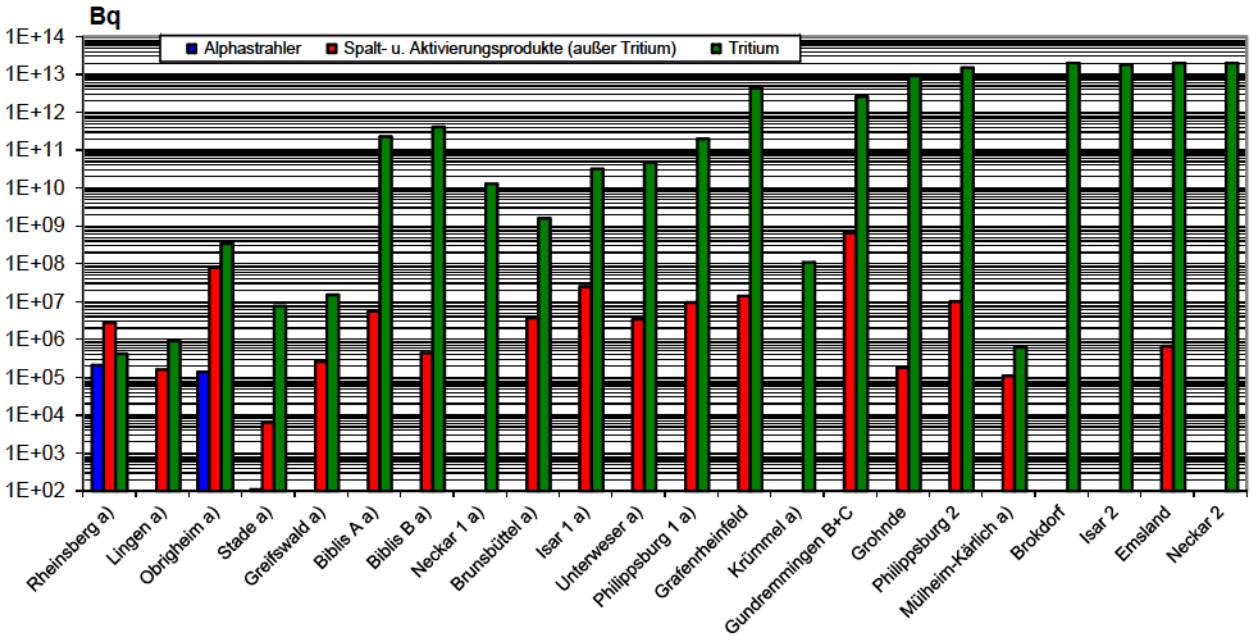


a) Betrieb beendet

\+ Kleiner oder gleich Nachweisgrenze
\- Bilanzierung nicht erforderlich

Abbildung III.1-3

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2015
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium



a) Betrieb beendet

Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsableitung unterhalb der Nachweisgrenze.

Die aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Strahlenexposition der Bevölkerung sind in Abschnitt III.1.2 zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt (siehe Übersicht in den Jahresberichten des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“). Über die jährlichen Emissionsraten kerntechnischer Anlagen in EU-Ländern informiert die Kommission der Europäischen Union in den Berichten "Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing plants in the European Community" (ec.europa.eu/energy/en/radiation-protection-publications). Die jährlichen Emissionen der Schweizer Anlagen werden im Strahlenschutzbericht des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.ensi.ch).

Die für das Jahr 2015 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen dienen als Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der einzelnen Anlagen. Diese Berechnung wurde entsprechend der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV): Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen“ durchgeführt. Beim Endlager Morsleben und bei der Schachtanlage Asse wurde das Partikelmodell ARTM (Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell) verwendet.

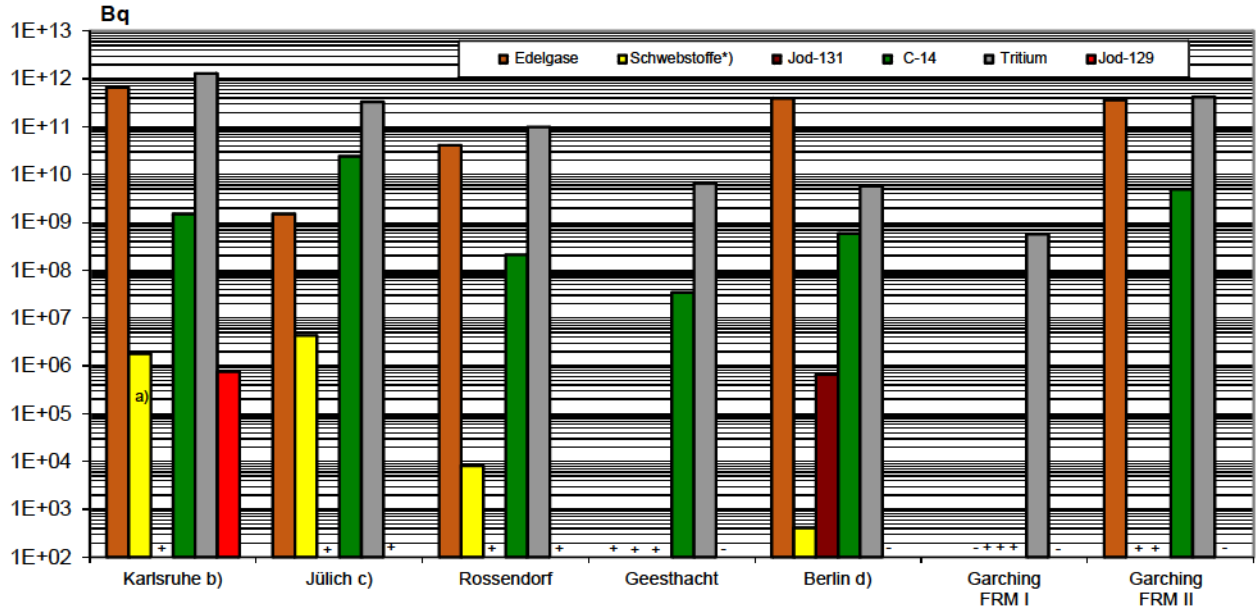
C-14 (Kohlenstoff-14) wird in Abbildung III. 1-2 in Form von radioaktivem Kohlenstoffdioxid angegeben. Kohlenstoffdioxid gelangt über Assimilation in die Nahrungskette und führt damit zu einer Ingestionsdosis. Besonders aus Druckwasserreaktoren wird zusätzlich organisch gebundenes C-14 abgeleitet, dessen Dosisbeitrag aber vernachlässigbar ist, weil organisch gebundenes C-14 nicht über Assimilation in die Nahrungskette gelangt. Die Gesamtsumme an abgeleitetem C-14 über die Fortluft im Jahr 2015 beträgt an den in Abbildung III. 1-2 aufgeführten Standorten $2{,}7 \cdot 10^{12}$ Bq und liegt dabei etwas unter dem Vorjahreswert von $3{,}0 \cdot 10^{12}$ Bq.

1.2 Berechnete obere Werte der Strahlenexposition

Die in den Abbildungen III. 1-6, 1-8 und III. 1-7 angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen sowie für das Endlager Morsleben und die Schachtanlage Asse stellen obere Werte dar, da sie gemäß § 47 Absatz 2 StrlSchV für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Die Referenzperson ist eine fiktive Person, für die in der Strahlenschutzverordnung (Anlage VII, Teil A bis C) die zu berücksichtigen-

Abbildung III.1-4

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2015
Schwebstoffe, Jod-131 und Jod-129, C-14, Tritium und Edelgase



a) davon Alphastrahler: 1,5E+4 Bq
b) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage
c) einschließlich Versuchsreaktor AVR
d) einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle

*) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne Jod-131, einschl. Strontium und Alphastrahler
\+ kleiner oder gleich Nachweisgrenze
\- Bilanzierung nicht erforderlich

den Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen festgelegt sind mit dem Ziel, dass bei deren Anwendung die Strahlenexposition des Menschen nicht unterschätzt wird. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen sind die Stellen in der Umgebung einer Anlage, bei denen auf Grund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist. Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 µSv, die Schilddrüsendosis höchstens 900 µSv und die Knochenoberflächendosis höchstens 1800 µSv pro Jahr betragen.

Für die Zwecke der Berichterstattung werden hier nur die Dosen für die kritischen Gruppen und Organe angegeben. In Fällen, in denen die Strahlenbelastung von Säuglingen unter der von Kleinkindern liegt, wird diese nicht angegeben. Außerdem werden Organdosen nur für das am meisten betroffene Organ angegeben.

Kernkraftwerke

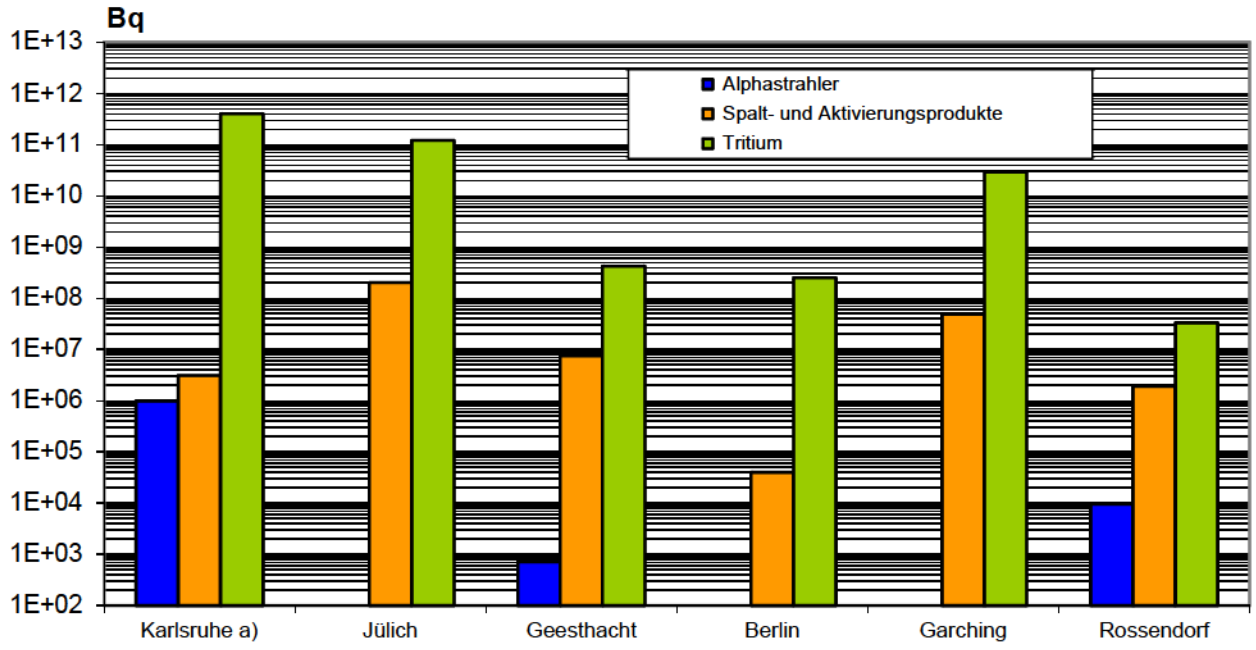
Abbildung III. 1-6 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2015 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft**. Als größter berechneter Wert der effektiven Dosis für Erwachsene ergibt sich 2 µSv (unter 1 % des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Gundremmingen sowie für Kleinkinder 3 µSv (1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV). Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 3 µSv (unter 1% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) ebenfalls für Gundremmingen. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr unverändert.

Forschungszentren

Die in Abbildung III. 1-7 dargestellten Werte für die entsprechenden Strahlenexpositionen durch die Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren stammen teilweise aus den Jahresberichten der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin. Die Ergebnisse können von der Fortluft-Leitstelle ggf. plausibilisiert werden. Die Abbildung weist für die effektive Dosis im Jahr 2015 als höchsten Wert 6 µSv (unter 2% des Grenzwertes) für Erwachsene beim Forschungszentrum Karlsruhe sowie 5 µSv (unter 2% des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 5 µSv (unter 1% des Grenzwertes) ebenfalls am Standort Karlsruhe.

Abbildung III.1-5

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2015
Alphastrahler, Summenwerte und Tritium

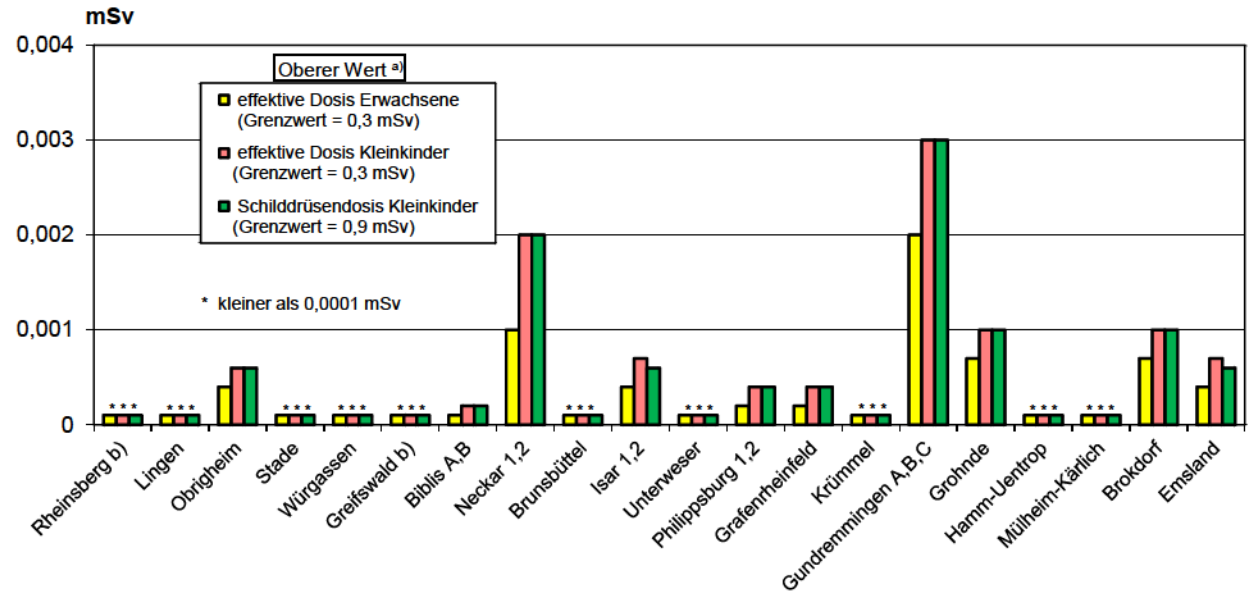


a) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage

Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze.

Abbildung III.1-6

Strahlenexposition im Jahr 2015 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft



a) Berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
b) Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Jahren vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder sowie die oberen Werte der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft jeweils unter 0,0001 mSv.

Abwasser

In Abbildung III. 1-8 sind die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder zusammengestellt. Hierbei wurden ungünstige Verzehrs- und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere für Erwachsene ein hoher Konsum an Flussfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird, und für beide Personengruppen der Aufenthalt von 1000 Stunden am Flussufer oder auf Wiesen in Flussnähe. Der größte berechnete Wert der effektiven Dosis und der Organdosis für Kleinkinder beträgt 1,5 µSv (entsprechend ca. 0,5 % des Grenzwertes) am Standort des Kernkraftwerkes Emsland.

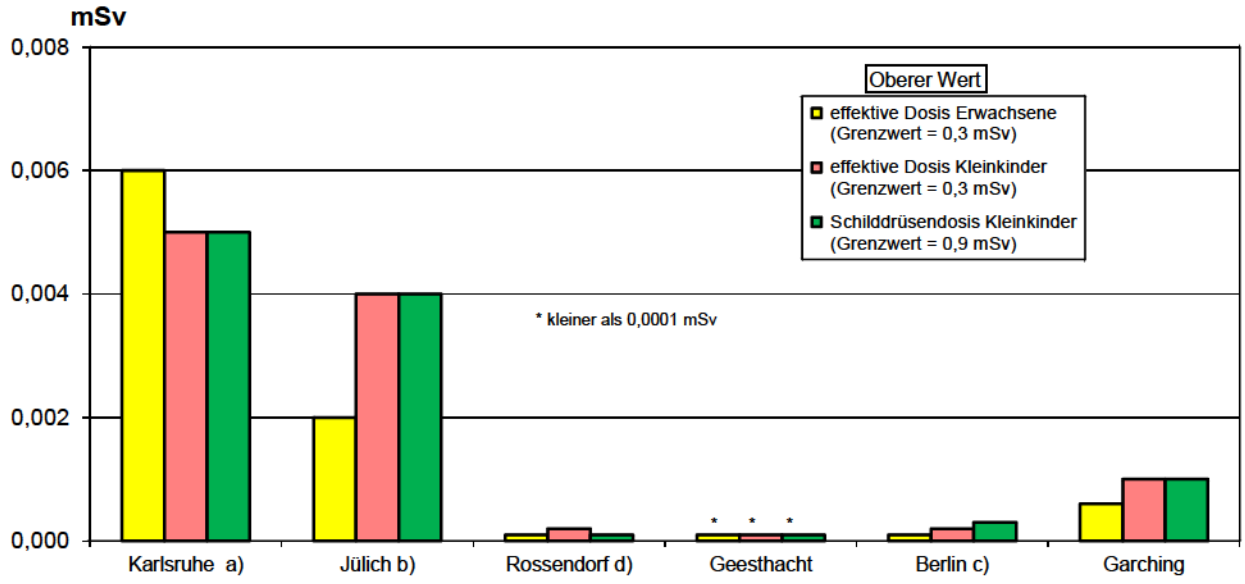
Entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV wurde die Strahlenexposition am Unterlauf der Flüsse näher betrachtet, wobei jeweils sämtliche Emittenten berücksichtigt wurden. Für das Mündungsgebiet des Neckar wurde eine effektive Jahresdosis von etwa 0,6 µSv für Erwachsene und 1,0 µSv für Kleinkinder ermittelt; für den Main wurden für beide Personengruppen 0,1 µSv und für die Weser 0,1 µSv und. 0,2 µSv für Erwachsene und für Kleinkinder berechnet; am Rhein liegen die effektiven Jahresdosen bei 0,1 µSv und an der Donau bei 0,3 bzw. 0,5 µSv. Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

Für die Strahlenbelastung über das Abwasser aus Forschungszentren ergeben sich im Jahr 2015 in Jülich obere Werte von 3,2 µSv für Erwachsene. In Karlsruhe und Geesthacht betragen die Werte < 0,1 µSv. Die Angaben stammen aus den jeweiligen Jahresberichten.

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau liegen die durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten

Abbildung III.1-7

Strahlenexposition im Jahr 2015 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

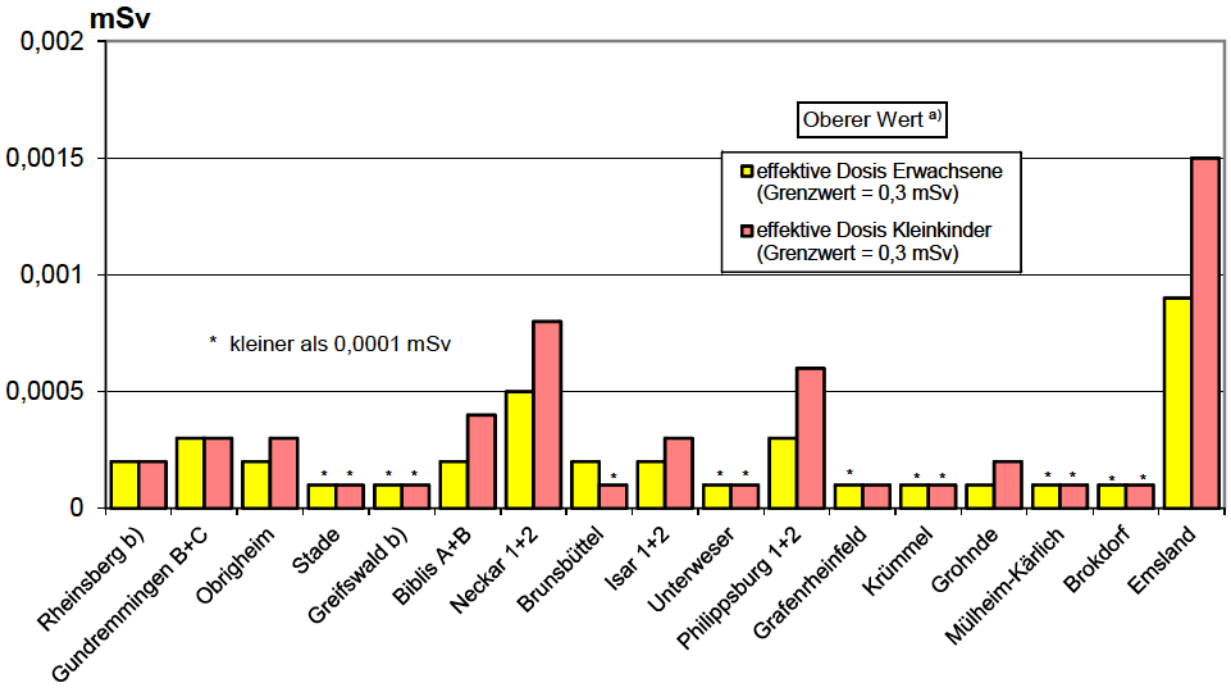


Die Werte für die Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin sind den entsprechenden Jahresberichten 2015 entnommen.

a) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage
b) einschließlich Versuchsreaktor AVR
c) einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle
d) einschließlich Landessammelstelle für radioaktive Abfälle

Abbildung III.1-8

Strahlenexposition im Jahr 2015 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser



a) Berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
b) Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser der Jahre vor 1990 nicht vorliegen

oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder unter 0,1 µSv, der obere Wert der Knochenoberflächendosis für Kleinkinder liegt in Lingen und in Gronau unter 0,1 µSv.

Die durch die Ableitungen von Alphastrahlern mit dem Abwasser bedingten oberen Werte der effektiven Dosis von Erwachsenen und Kleinkindern in der Umgebung Kernbrennstoff verarbeitender Betriebe liegen wie im Vorjahr auch im Jahr 2015 jeweils unter 0,0001 mSv.

2. Sonstige kerntechnische Anlagen

2.1 Zentrale und dezentrale Zwischenlager

Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben[14] sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Tabelle IV.2-1 zeigt die gemessene Ortsdosis außerhalb des Geländes der zentralen Zwischenlager (Messwerte der Betreiber). Für die in Betrieb befindlichen dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten treten im Normalbetrieb ebenfalls keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Daher ist die hieraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Sie wird zusammen mit der Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. Abbildung III. 2-1 zeigt eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager, die Anzahl der Stellplätze und die Belegung im Jahr 2015. Im Transportbehälterlager Ahaus waren von 420 Stellplätzen wie im Vorjahr 56 Stellplätze mit insgesamt 329 Behältern belegt[15].

[14] Das TBL Gorleben ist zusätzlich für die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken genehmigt.

[15] Bredberg I, Hutter J, Kühn K, Niedzwiedz, K, Philippczyk F, Thömmes A: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2015. BfS-SK-Bericht BfS-SK-27/16, urn:nbn:de:0221-2016051914042, Salzgitter, Mai 2016

Abbildung III.2-1

Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2015 mit Anzahl der Stellplätze (Belegung in Klammern, Stand 31.12.2015)

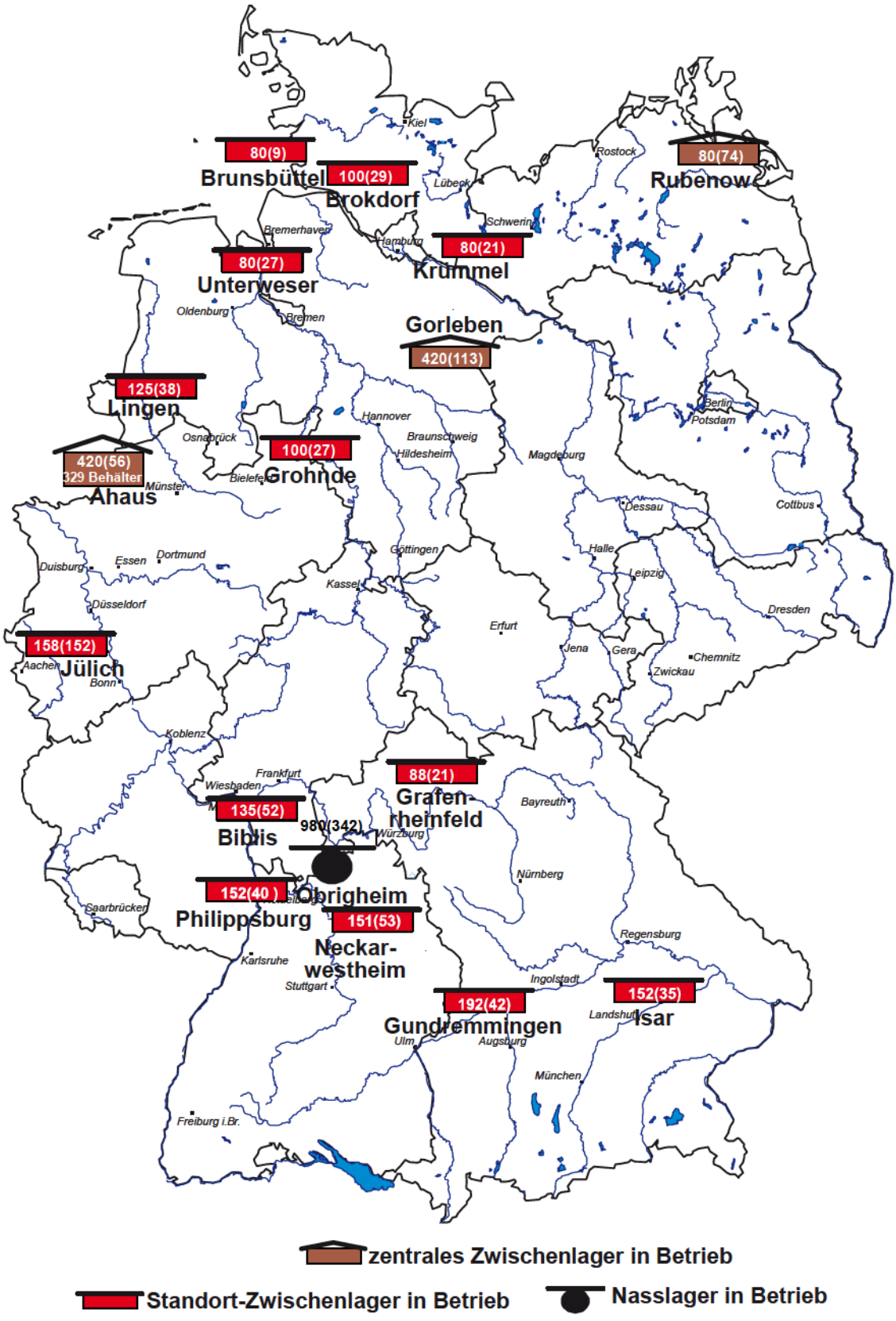


Tabelle IV.2-1

Ortsdosis* an den zentralen Zwischenlagern im Jahr 2015

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis	Neutronen-Ortsdosis
	mSv/a	mSv/a
Transportbehälterlager Ahaus	0,46 (MP3,9)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,94 (MP15)	0,099 (MP24)
Transportbehälterlager Gorleben	0,859 (MP6)	0,30 (MP14)

* höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrunds

MP = Messpunkt, HJ = Halbjahr, < = kleiner Nachweisgrenze

Bei Einrichtungen wie z.B. Abklingbecken für Brennelemente oder Anlagen zur Abfallkonditionierung, die sich innerhalb von Kernkraftwerken, Kernforschungszentren und sonstigen kerntechnischen Betrieben befinden und in deren Fortluftführung bzw. Fortluftplan und ggf. Abwasserbehandlung einbezogen sind, werden die Emissionen in den bilanzierten Ableitungen des jeweiligen Standortes erfasst und bei der Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung berücksichtigt.

2.2 Endlager

Morsleben

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist in Abbildung III. 2-2 dargestellt. Die daraus resultierende Strahlenexposition zeigt Abbildung III. 2-3. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft** ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene betrug 2015 0,2 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,6 µSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 1 µSv; dies sind unter 0,1 %, 0,2 % bzw. 0,3 % des Grenzwertes nach der StrlSchV-von 0,3 mSv. Die Dosis des für alle Altersgruppen kritischen Organs Knochenoberfläche errechnete sich zu 6 µSv für Erwachsene, 5 µSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 - 2 Jahre) und 10 µSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,3 %, 0,3 % bzw. 0,6 % des Grenzwertes von 1,8 mSv). Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft erfolgt. Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis liegen auch im Berichtsjahr 2015 unterhalb von 0,1 Mikrosievert für Erwachsene und Kleinkinder.

Schachtanlage Asse II

Seit 1. Januar 2009 wird die Schachtanlage Asse II verfahrensrechtlich wie ein Endlager für radioaktive Abfälle behandelt. In Abbildung III. 2-2 sind die im Jahr 2015 mit der Fortluft aus der Schachtanlage Asse II abgeleiteten radioaktiven Stoffe dargestellt.

Aufgrund der Komplexität des Standorts mit Orografie, zahlreichen Gebäuden in Verbindung mit einer niedrigen Emissionshöhe wird für 2015 erstmals wie bereits am Standort Morsleben das Lagrange-Modell ARTM angewendet. Bei dieser realistischeren Ausbreitungsrechnung mit ARTM wird eine deutlich größere Kaminüberhöhung simuliert und die konservative Berücksichtigung der Orografie im Gauß-Modell entfällt. Im Vergleich zu den Vorjahren ist die errechnete potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse II infolge von Ableitungen mit der Fortluft für 2015 daher erheblich kleiner. Es erfolgten keine Ableitungen über das Abwasser.

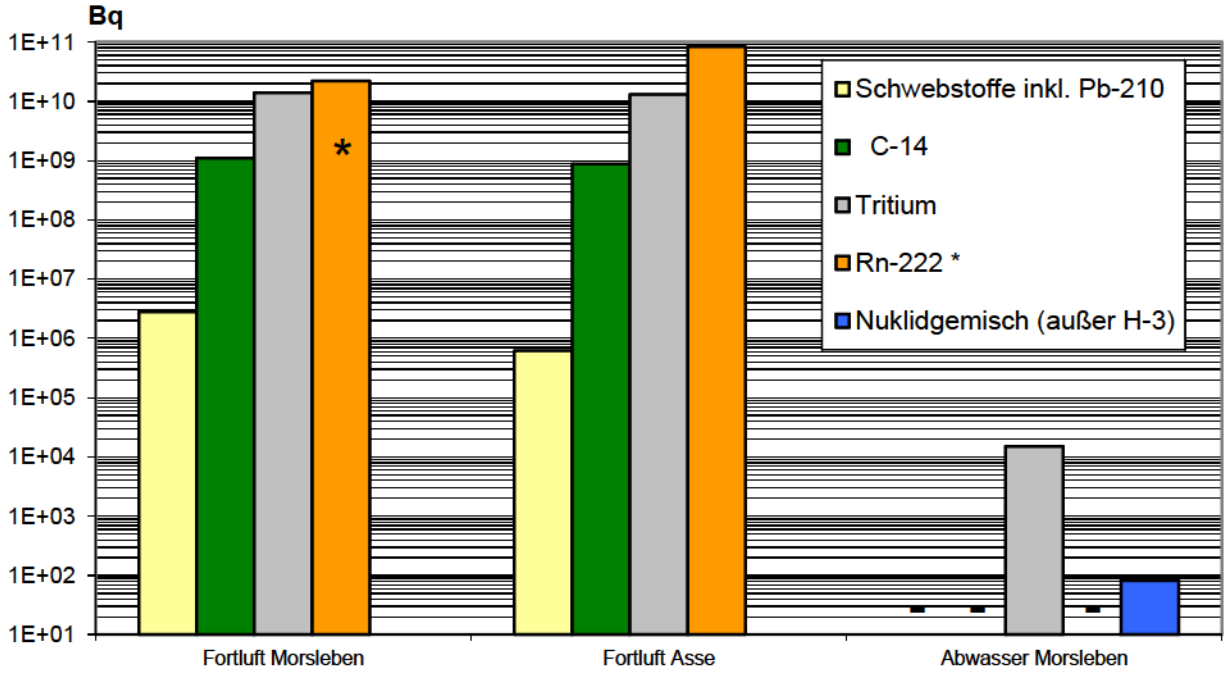
Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radonfolgeprodukte beträgt im Jahr 2015 für Erwachsene 0,1 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,2 µSv und für Säuglinge 0,4 µSv. Dies entspricht einer Ausschöpfung von etwa 0,1% des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung von 0,3 mSv. Die Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radon-Folgeprodukte für das kritische Organ Knochenoberfläche wurde mit 4 µSv für Säuglinge, 2 µSv für Kleinkinder und 2 µSv für Erwachsene ermittelt. Damit liegt die Grenzwertausschöpfung zwischen 0,1% und 0,2% des zulässigen Organdosisgrenzwertes von 1,8 mSv (Abbildung III. 2-3).

3. Zusammenfassende Bewertung für kerntechnische Anlagen

Die für 2015 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10% des jeweiligen Dosisgrenzwer-

Abbildung III.2-2

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und der Schachtanlage Asse im Jahr 2015

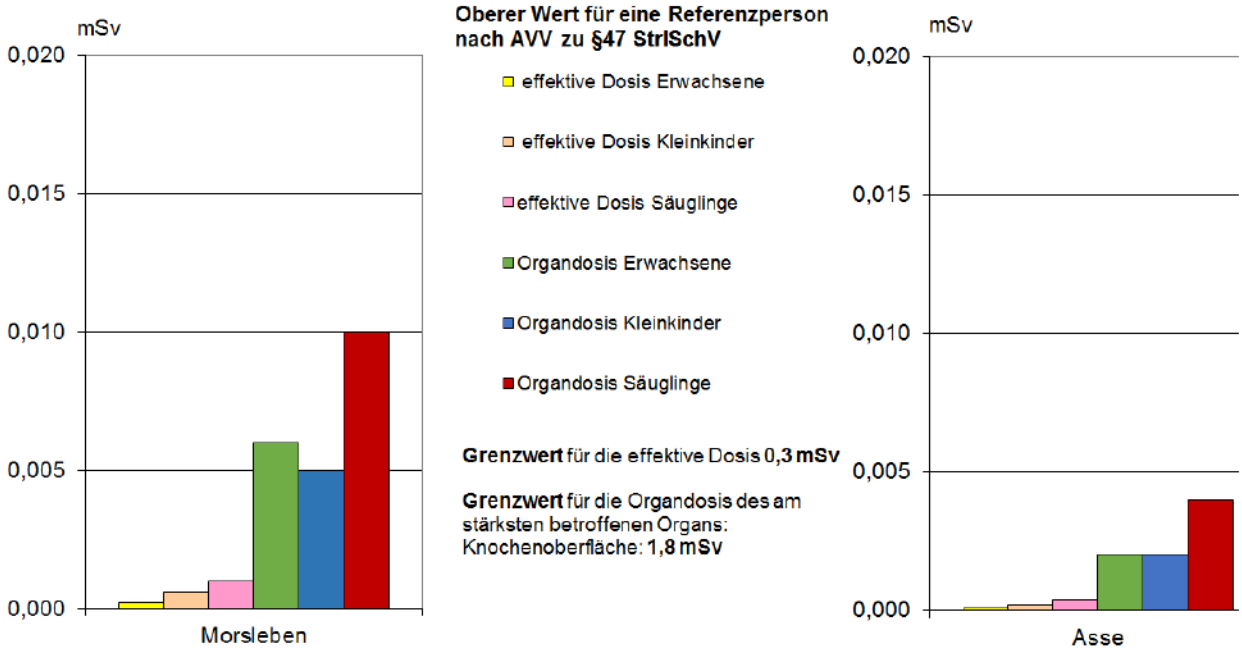


* aus den Zerfallsprodukten errechnete, gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration

\+ kleiner oder gleich Nachweisgrenze
\- Bilanzierung nicht erforderlich

Abbildung III.2-3

Maximale Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachtanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2015



tes. Damit sind die oberen Werte der Strahlenexposition durch Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen deutlich kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Der Beitrag der kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie im angrenzenden Ausland zur mittleren effektiven Dosis einer Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland lag auch im Jahr 2015 deutlich unter 10 µSv pro Jahr. Die aktuellen Werte für die Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen in tabellarischer Form sind den ausführlichen Jahresberichten des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen.

4. Umweltradioaktivität aus Bergbau und Sanierung durch die Wismut

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-Radium-Zerfallsreihe mit der Fortluft bzw. mit den Schacht- oder Abwässern in die Umwelt abgeleitet.

Nachfolgend wird ein Überblick über die Emissions- und Immissionssituation in den betroffenen Regionen gegeben, der auf ausgewählten Daten aus der Umweltüberwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau) beruht. Detailinformationen über die Sanierungstätigkeit und die Ergebnisse der Umweltüberwachung geben die jährlichen Umweltberichte der Wismut GmbH (www.wismut.de).

Tabellarische Übersichten über die gemessenen Werte finden sich in den Jahresberichten des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Emissionen

In Abbildung III. 4-1 ist diese Gesamtentwicklung auf die einzelnen Standorte der Wismut-Sanierung aufgeschlüsselt. Es wurden die aus den Betrieben in den beiden Jahren insgesamt in die Atmosphäre abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe zusammengestellt. In Schlema/Alberoda liegen die Jahresableitungen von Rn-222 und langlebigen Alpha-Strahlern etwas über den Vorjahreswerten. In Dresden-Gittersee haben sich Jahresableitungen von Rn-222 gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Emissionen langlebiger Alphastrahler wurden in Dresden-Gittersee für 2015 nicht bilanziert, da die Konzentrationswerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Am Standort Königstein erfolgt seit der Verwahrung des Schachtes 388 im Oktober 2012 keine Ableitung radioaktiver Stoffe mehr in die Atmosphäre. Die gesamten Ableitungen von Rn-222 und der langlebigen Alpha-Strahler werden somit fast ausschließlich vom Standort Schlema/Alberoda verursacht. Die daraus resultierende jährliche Strahlenexposition kann hier im Berichtsjahr bis zu 0,5 mSv betragen, was den geltenden Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung deutlich unterschreitet.

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in Abbildung III. 4-2 zusammengestellt sind, liegen ebenfalls seit Jahren deutlich unter den Genehmigungswerten. Die Abwassermenge hat sich 2015 trotz der geringeren Niederschläge kaum verringert, da die Kapazitäten zur weiteren Senkung der Flutungswasserpegel und zum weiteren Absenken der Wasserspiegel auf den verbliebenen industriellen Absetzanlagen genutzt wurden. Die Aufbereitung dieser hoch belasteten Wässer macht sich in gegenüber dem Vorjahr leicht gestiegenen Freisetzungen von Uran in die großen Vorfluter bemerkbar. Die Ra-226-Freisetzungen verringerten sich demgegenüber insgesamt deutlich, zeigten jedoch regionale Unterschiede, siehe Abbildung III. 4-2. Insgesamt belegen diese Werte die sichere Betriebsweise der weiter optimierten Wasserbehandlungsanlagen.

Details zur Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen finden sich in den Jahresberichten des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

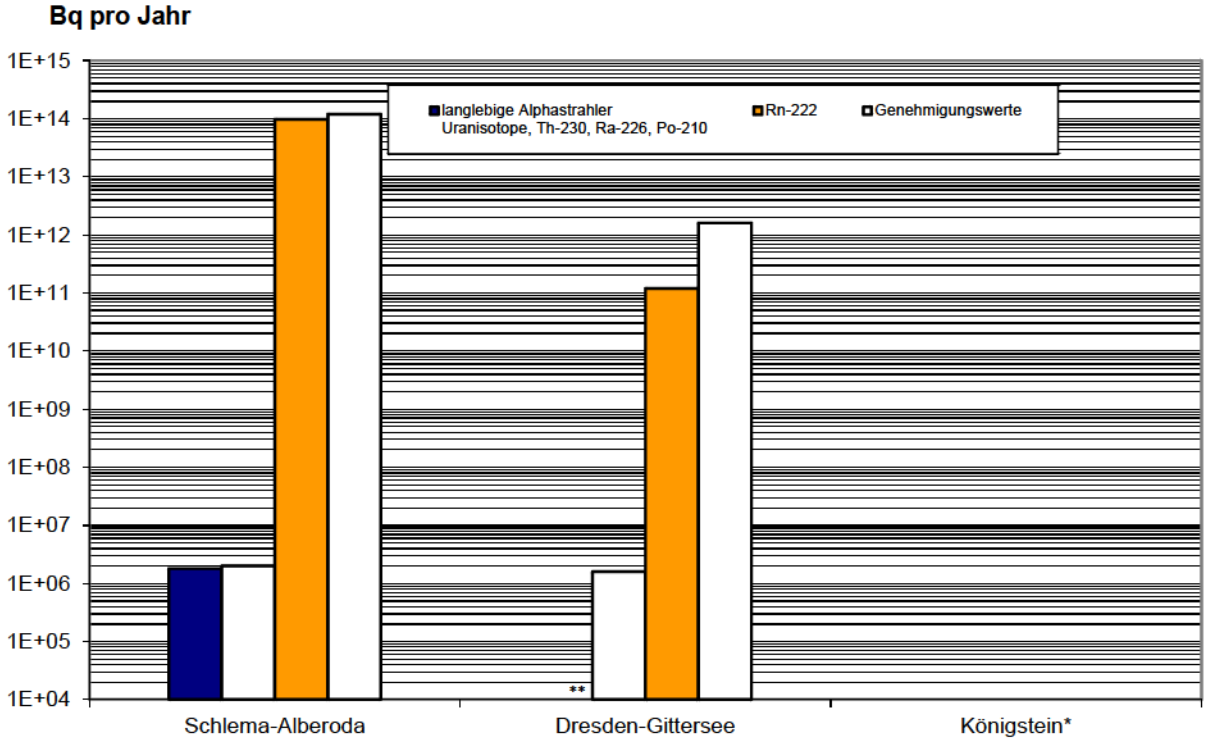
Aus den Ableitungen in die betroffenen Gewässer resultiert an keiner Stelle eine nennenswerte Strahlenexposition. Sie kann bei Unterstellung realistischer Nutzungsszenarien im Einzelfall für die kritische Personengruppe bis zu 0,25 mSv/a betragen, so dass der geltende Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung weit unterschritten wird.

5. Rückstände aus Industrie und Bergbau mit erhöhter natürlicher Radioaktivität

Im Bergbau und bei industriellen Prozessen, die Erze oder mineralische Rohstoffe verarbeiten, können Rückstände anfallen, die Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen in Konzentrationen enthalten, die über denen in oberflächennahen Gesteinen und Böden liegen. Häufig reichern sich die Radionuklide prozessbedingt in bestimmten Rückständen oder in technischen Geräten und Einrichtungen besonders an. Dadurch können sich er-

Abbildung III.4-1

Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2015



* Seit Oktober 2012 erfolgt keine Ableitung mehr in die Atmosphäre

** Die Emissionen wurden nicht bilanziert, da die Konzentrationswerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen.

höhte Strahlenexpositionen der allgemeinen Bevölkerung oder der mit der Verwertung bzw. Beseitigung befassten Arbeitnehmer ergeben.

Ausführlichere Erläuterungen und eine Tabelle der jährlichen Mengen industrieller Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität finden sich in den Jahresberichten des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ im Grundlagenteil, Abschnitt G I 2.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden mit der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) von 2001 weitreichende und detaillierte strahlenschutzrechtliche Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Rückständen mit erhöhter natürlicher Radioaktivität gestellt (StrlSchV Teil 3 Kapitel 3). Grundsätzlicher Maßstab der Regelungen ist die Einhaltung eines Richtwerts für den Bevölkerungsschutz in Höhe von 1 mSv/a. Sie galten ursprünglich ausschließlich für im Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung angefallene Rückstände. Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung von 2011 fallen auch aus dem Ausland bezogene Rückstände unter die Regelungen des Teils 3. Künftig wird die Liste der relevanten Rückstände erweitert, wenn die neue Richtlinie 2013/59/Euratom bis 2018 im deutschen Recht zu aktualisieren ist.

Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität sowie deren Verbleib werden grundsätzlich durch die zuständigen Landesbehörden, denen der Vollzug der Strahlenschutzaufsicht obliegt, erfasst.

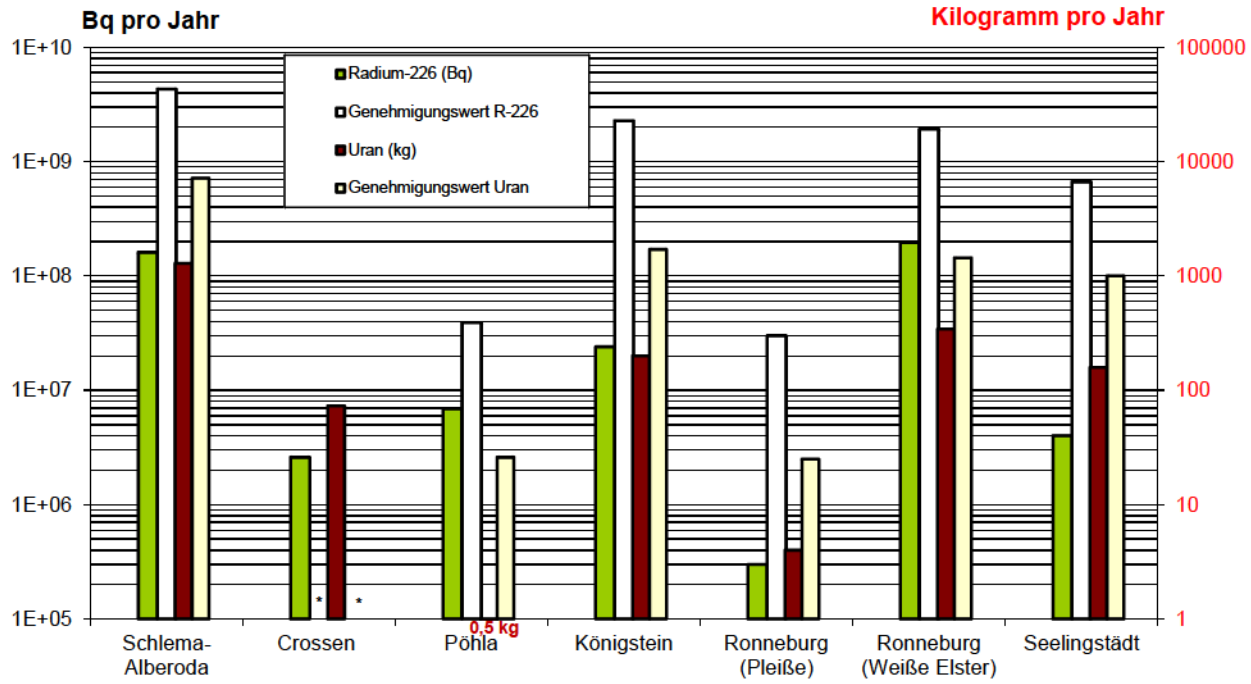
6. Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung in Industrie und Technik sowie im Haushalt

6.1 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Radioaktive Stoffe unterschiedlicher Art und Aktivität können in Industrieerzeugnissen, wie z.B. wissenschaftlichen Instrumenten, elektronischen Bauteilen, Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchmeldern, Gasglühstrümpfen, Schweißelektroden und keramischen Gegenständen, enthalten sein. Der Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen wird durch ein differenziertes Anzeige- und Genehmigungssystem geregelt, das auch einen genehmigungsfreien Umgang vorsieht, z.B. nach einer Bauartzulassung des Gerätes oder bei Unterschreiten gesetzlich festgelegter Aktivitätswerte.

Abbildung III.4-2

Flüssige Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2015



* keine Genehmigungswerte, Maximalkonzentrationen für Uran und Radium wurden eingehalten

Bei einigen technischen Prozessen werden Strahlenquellen zur Messung und Steuerung (z. B. für Füllstands-, Dicke- und Dichtemessung) oder zur Qualitätskontrolle bei der zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt. Der Umgang mit diesen technischen Strahlenquellen bedarf in der Regel der Genehmigung oder einer Bauartzulassung.

Die StrlSchV regelt den Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen und die RöV den Einsatz von Röntgengeräten, um sowohl die Arbeitnehmer als auch die Bevölkerung vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen. Die mittlere effektive Dosis der Bevölkerung, die aus der Verwendung dieser Industrieerzeugnisse bzw. Konsumgüter resultiert, lag bisher unter 0,01 mSv pro Jahr. Es spricht nichts dafür, dass sich dieser Wert geändert hat.

6.2 Hochradioaktive Strahlenquellen

Hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) werden in einem zentralen Register erfasst, welches im BfS geführt wird. Durch die zentrale Erfassung dieser Quellen wird sichergestellt, dass zuständige Genehmigungs-, Aufsichts- sowie Sicherheitsbehörden jederzeit Informationen über Art, Aktivität, Besitzherrschaft sowie Standort aller in Deutschland befindlichen HRQ erhalten können.

Ausführlichere Erläuterungen und eine Tabelle zur Entwicklung des Datenbestandes finden sich in den Jahresberichten des BMUB zu „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Bis zum Ende des Jahres 2015 wurden insgesamt 684 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 73 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

Bis Ende 2015 wurden 153 000 Meldungen zu 40 000 registrierten Strahlenquellen in der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen gespeichert. Von diesen 40 000 registrierten Strahlenquellen waren nur knapp 30 % „hochradioaktive Strahlenquellen“ im Sinn der Strahlenschutzverordnung, da ein Großteil dieser Strahlenquellen sich entweder nicht mehr im Geltungsbereich der deutschen Strahlenschutzverordnung befand oder auf Grund des radioaktiven Zerfalls (insbesondere Radionuklide mit einer geringen Halbwertszeit wie Ir-192 oder Se-75) wieder eine Aktivität unterhalb des HRQ-Grenzwertes aufwies.

6.3 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte, z.B. Elektronenmikroskope und Hochspannungsgleichrichter, oder Einrichtungen, bei deren Betrieb Röntgenstrahlen entstehen, aber nicht genutzt werden. Sie unterliegen einer Genehmigungspflicht, falls keine Bauartzulassung vorliegt. Die Höchstwerte der Ortsdosisleistung der Störstrahler sind in § 5, Absatz 2, Satz 1 der RöV auf 1 µSv/h in 0,1 m Abstand festgelegt. Zu den Störstrahlern gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten wie z.B. in Fernsehgeräten älterer Bauart. Der Beitrag von Störstrahlern zur Strahlenexposition der Bevölkerung beträgt auch 2015 weniger als 0,01 mSv.

6.4 Konsumgüter und sonstige Anwendungen

Die StrlSchV verbietet zum Schutz des Verbrauchers den Zusatz von radioaktiven Stoffen bzw. die Aktivierung bei der Herstellung bestimmter Produkte wie z.B. Spielwaren, Schmuck, Lebensmittel und Tabakerzeugnisse.

Sie regelt den genehmigungsbedürftigen Zusatz von radioaktiven Stoffen und die genehmigungsbedürftige Aktivierung bei der Herstellung von bestimmten Industrieerzeugnissen bzw. Konsumgütern und die Rückführung von Produkten nach Beendigung des Gebrauchs.

Die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung am Menschen in der medizinischen Forschung ist in der StrlSchV und in der RöV geregelt. Die Genehmigung dieser Anwendungen ist beim Bundesamt für Strahlenschutz zu beantragen.

7. Fall-out durch Kernkraftwerksunfälle und durch Kernwaffenversuche

7.1 Tschernobyl

Die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wurde 2015 fast ausschließlich durch die Bodenstrahlung des im Jahr 1986 deponierten Cäsium-137 verursacht. Andere Radionuklide spielen keine Rolle mehr. Auf Grund seiner physikalischen Halbwertszeit von 30 Jahren liegen noch ca. 51% der 1986 deponierten Aktivität vor. Bei ausschließlicher Berücksichtigung des physikalischen Zerfalls nahm die äußere Strahlenexposition gegenüber dem Vorjahr um 2,3 % ab. Unter Berücksichtigung von Abschirmeffekten durch den Boden sowie durch den Aufenthalt in Gebäuden ergibt sich eine mittlere effektive Dosis der Bevölkerung durch Bodenstrahlung von weniger als 0,01 mSv pro Jahr (zum Vergleich: 1986 0,07 mSv).

Südlich der Donau und in einigen Gebieten des Bayerischen Waldes und Ostdeutschlands kann die Bodenstrahlung infolge örtlich und zeitlich begrenzter starker Regenfälle zur Zeit des Durchzugs der radioaktiven Wolke, die zu einer erhöhten Ablagerung des Radiocäsiums am Boden geführt haben, um bis zu eine Größenordnung höher sein.

Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch sind durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig belastet. In einem umfangreichen Messprogramm nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) werden jährlich mehrere tausend Lebensmittelproben auf ihren Radioaktivitätsgehalt untersucht[16]. Dadurch wird eine bundesweite Überwachung der Radioaktivitätspegel in Lebensmitteln sichergestellt. Nennenswerte Gehalte an Cs-137 finden sich jedoch noch in Pilzen und Wild. In Abbildung III. 7-1 werden Daten aus dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS) dargestellt. Ausführlichere Angaben zu Maximalwerten finden sich in den Jahresberichten des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

7.2 Fukushima

2015 waren in Deutschland wie schon in der zweiten Jahreshälfte 2011 keine erhöhten Radionuklidaktivitäten aus dem Fukushima-Ereignis mehr nachweisbar. Die Messergebnisse für das Jahr 2011 sind im Bericht der Leitstellen des Bundes zusammengefasst[17]. Nähere Erläuterungen enthalten die Jahresberichte des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

7.3 Kernwaffenversuche

In den Jahren 1945 bis 1980 wurde eine große Anzahl oberirdischer Kernwaffenversuche durchgeführt. Seit 1981 gab es nur noch unterirdische Kernwaffenversuche. Zuletzt wurden in Nordkorea 2006, 2009 und 2013 unterirdische Kernwaffenversuche durchgeführt.

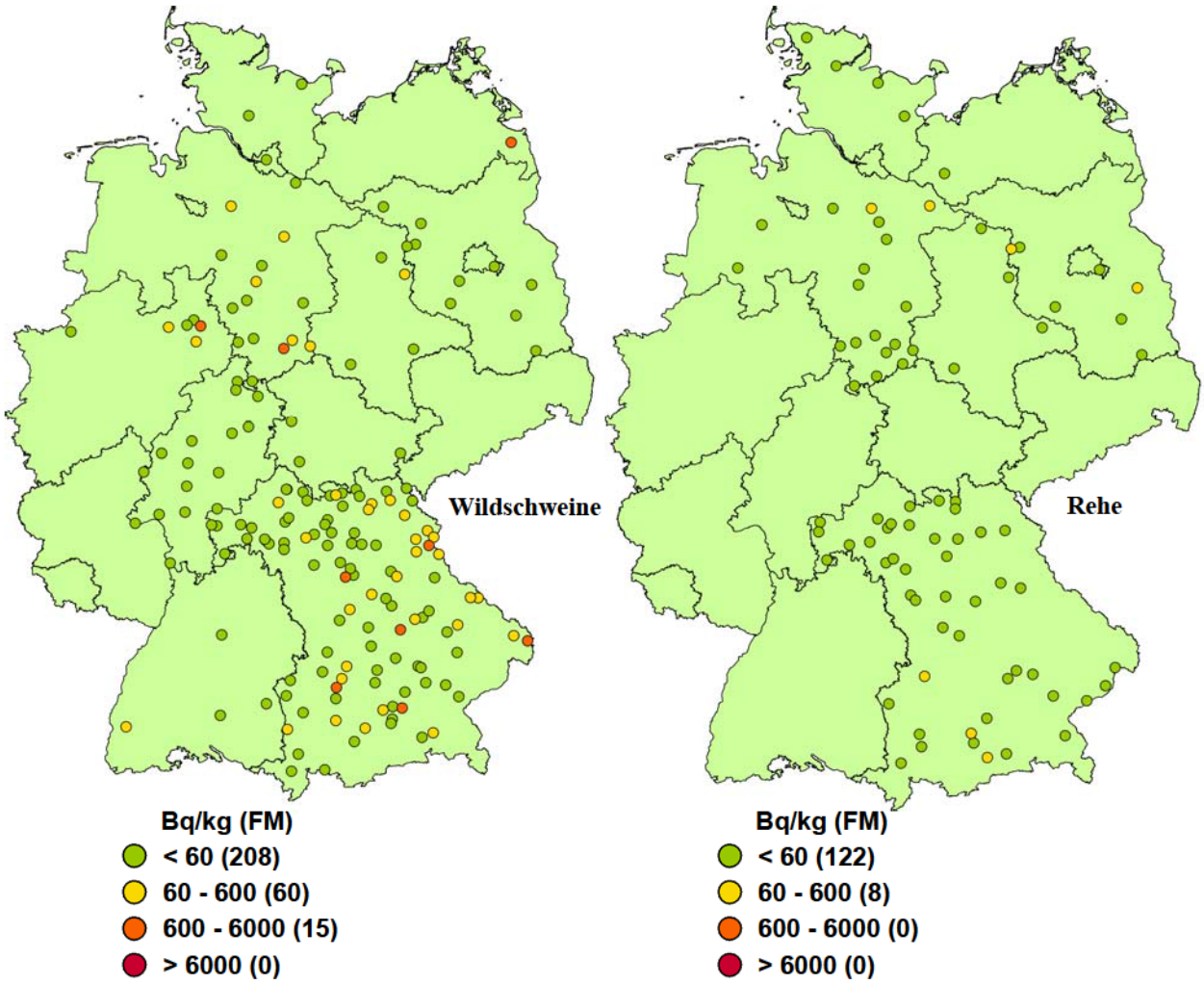
---

[16] BMUB (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2014, urn:nbn:de:0221-2015103013753, Bonn, April 2015

[17] BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2011, urn:nbn:de:0221-201204188048, Bonn, April 2012

Abbildung III.7-1

Cäsium-137-Gehalt (Mittelwerte) von Rehen und Wildschweinen im Jahr 2015 (Datenbasis des Bundes, Anzahl der Werte in Klammern)



Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch die früheren Kernwaffenversuche in der Atmosphäre ist seit dem Kernwaffenteststopp-Abkommen von 1964 stetig zurückgegangen. Ihr Anteil an der gesamten Strahlenexposition des Menschen beträgt zurzeit weniger als 0,01 mSv pro Jahr.

IV. Berufliche Strahlenexposition

1. Zivilisatorische Strahlenquellen

1.1 Personendosisüberwachung

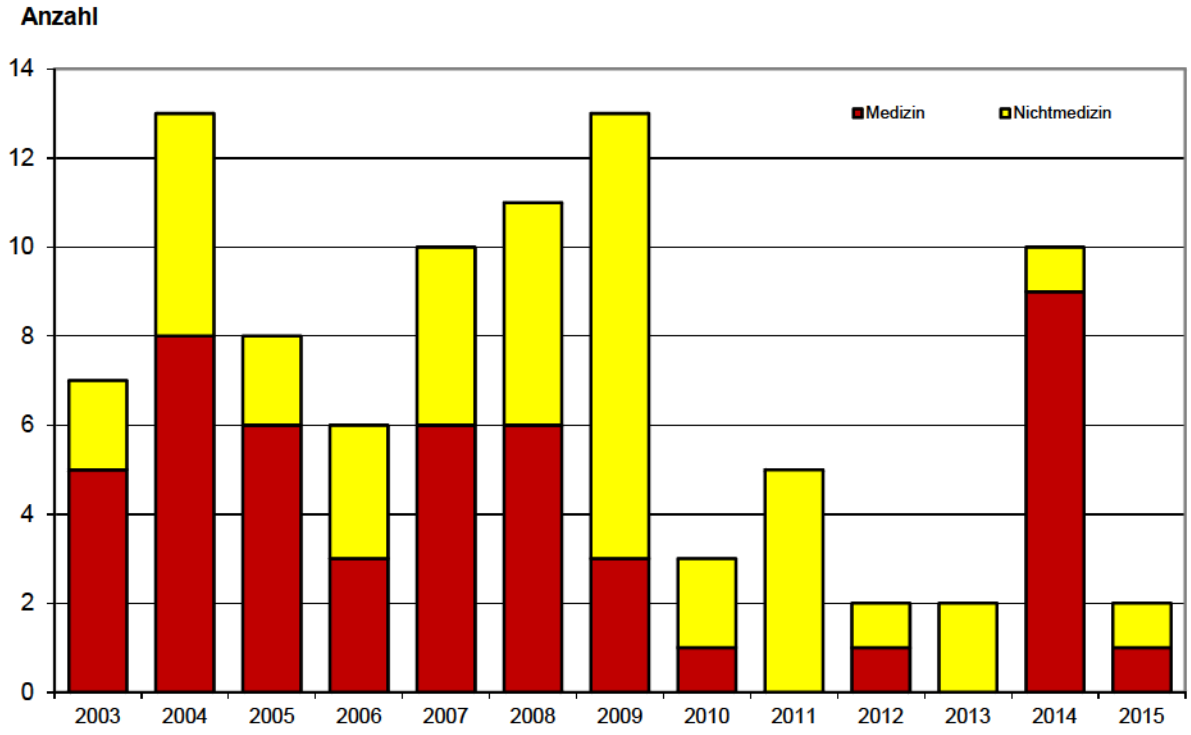
Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen - mit Ausnahme der kosmischen Strahlung (siehe 2. „Überwachung des fliegenden Personals“) - besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von vier behördlich bestimmten Messstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Daten werden an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz übermittelt. Nicht immer führt die Ausgabe eines Dosimeters an eine überwachte Person zu einer Dosisermittlung durch eine Messstelle (Dosimeter gehen verloren oder werden beschädigt, Filmplaketten werden falsch eingelegt oder außerhalb der Kassette bestrahlt u. a. m.). Wenn aus solchen Gründen die zuständige Messstelle für eine Person im Überwachungszeitraum keine Dosis ermitteln kann, dann teilt sie dies der zuständigen Aufsichtsbehörde mit. Diese kann dann anhand definierter Kriterien und unter Berücksichtigung der Expositionsumstände eine amtliche Ersatzdosis festsetzen. Es kommt auch vor, dass nach einer Dosisfeststellung eine Nachprüfung der Expositionsum-

stände veranlasst wird, weil z. B. die Überprüfungsschwelle von 5 mSv überschritten wurde (z. B.: Arbeitskittel mit Dosimeter hing im Röntgenraum und sein Besitzer war im Urlaub, Dosimeter wurde absichtlich im Direktstrahl bestrahlt). Auch in diesen Fällen, in denen der festgestellte Dosiswert keine Personendosis sondern eine Ortsdosis ist, wird von der Aufsichtsbehörde eine Ersatzdosis festgesetzt. Sofern in solchen Fällen Ersatzdosiswerte festgesetzt und dem Strahlenschutzregister mitgeteilt wurden, sind diese zu berücksichtigen.

Die amtliche Personendosimetrie bietet den zuständigen Aufsichtsbehörden die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis nach § 55 und 56 StrlSchV und § 31a und 31b RöV bei den beruflich strahlenschutzüberwachten Personen zu kontrollieren. Der Grenzwert der effektiven Dosis beträgt 20 mSv im Kalenderjahr und gilt für die Mehrzahl der mit Personendosimetern überwachten Personen; ausgenommen sind Jugendliche und Schwangere, für die strengere Grenzwerte gelten. Der Grenzwert von 20 mSv wurde im Jahr 2015 von zwei Personen überschritten. Bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten sind dies 0,0006 % (Abbildung IV. 1-1). Gegenüber dem Vorjahresbericht kam es für das Jahr 2014 durch Festlegung von Ersatzdosen zur Nachmeldung von insgesamt 10 Überschreitungen.

Abbildung IV.1-1

Anzahl der Personen mit Ganzkörperjahresdosen über 20 mSv

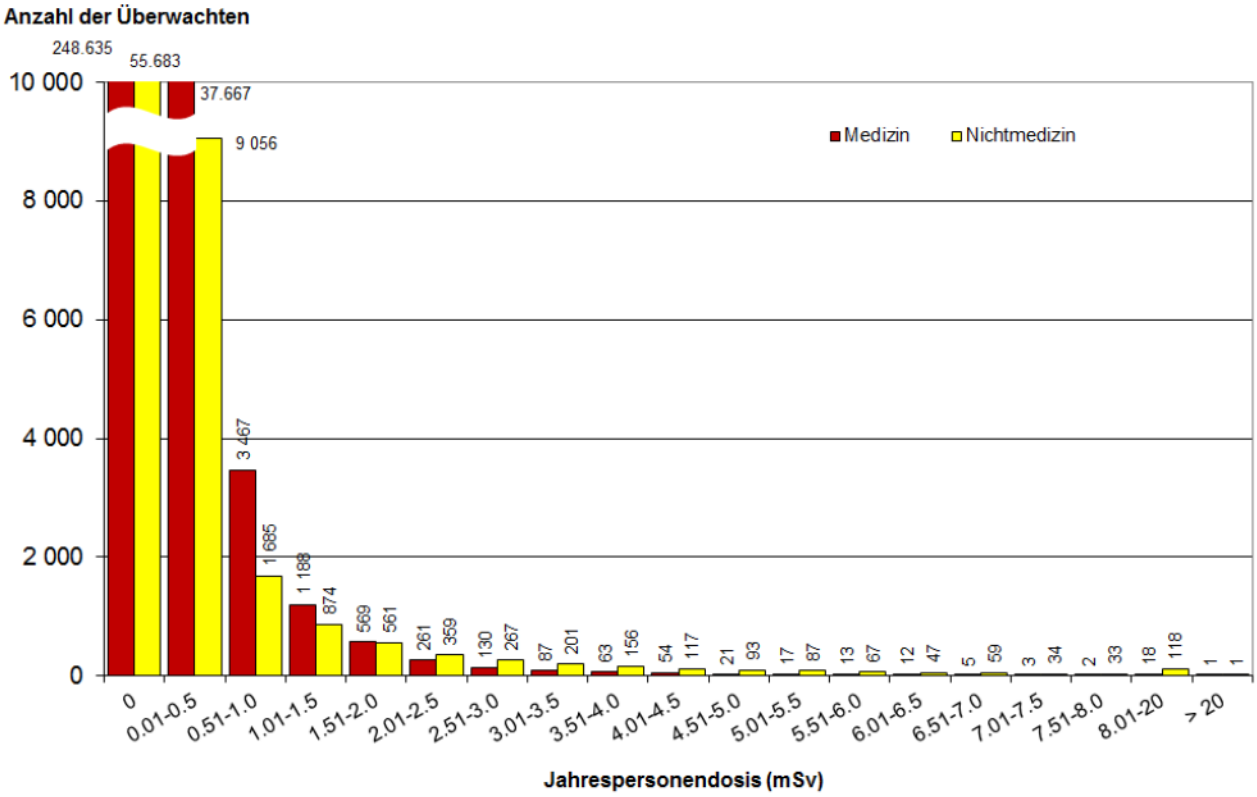


Die Zusammenstellung der Fälle mit Jahrespersonendosen über 20 mSv gibt nur Aufschluss über den Stand der Einhaltung der Grenzwerte nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Ein quantitatives Bild der Strahlenexposition aller Überwachten vermitteln die Häufigkeitsverteilungen der Jahrespersonendosen. Die Jahrespersonendosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister mitgeteilten, gültigen Personendosiswerte einer Person im Kalenderjahr. Die Dosisanteile durch natürliche externe Strahlenexposition werden dabei subtrahiert. In der Abbildung IV. 1-2 ist jeweils für den medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereich die Anzahl von Personen in verschiedenen Dosisintervallen angegeben. Liegt die Strahlenexposition während des ganzen Jahres unterhalb der unteren Erkennungsgrenze für Ganzkörperdosimeter von 0,05 mSv, dann wird von der Messstelle für die überwachte Person eine Jahrespersonendosis von 0 mSv festgelegt. Dies traf für den größten Teil der überwachten Personen zu. Eine messbare berufliche Strahlenexposition erhielten deshalb nur 15 % aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2015 betrug 0,07 mSv. Bildet man den Mittelwert über die Personen, die einer messbaren Strahlenexposition ausgesetzt waren (ca. 57 000 Personen), so ergibt sich für diese Gruppe der Exponierten eine mittlere Jahrespersonendosis von 0,46 mSv (Vorjahr: 0,50 mSv).

Abbildung IV.1-2

Verteilung der Jahrespersonendosen beruflich Strahlenexponierter im Jahr 2015



Ist vorauszusehen, dass im Kalenderjahr die Teilkörperdosis für die Hände, die Haut oder die Augenlinse festgelegte Dosiswerte überschreiten kann, so ist die Dosis für diese Körperteile durch weitere Dosimeter festzustellen. Diese Überwachung wurde im Jahr 2015 für die Hände bei ca. 22 500 Personen durchgeführt. Von diesen 22 500 Überwachten wiesen ca. 6 500 Personen Teilkörperdosen von mehr als 0,5 mSv auf (untere Erkennungsgrenze für Teilkörperdosimeter). Im Jahr 2015 kam es zu einer Überschreitung von Grenzwerten für die Teilkörperdosis.

1.2 Beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen

Eine wichtige Teilgruppe der mit Personendosimetern Überwachten ist das Eigen- und Fremdpersonal in kerntechnischen Anlagen, insbesondere in Kernkraftwerken zur Stromproduktion. Grundlage für die folgenden Zeitverläufe sind Erhebungen der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz.

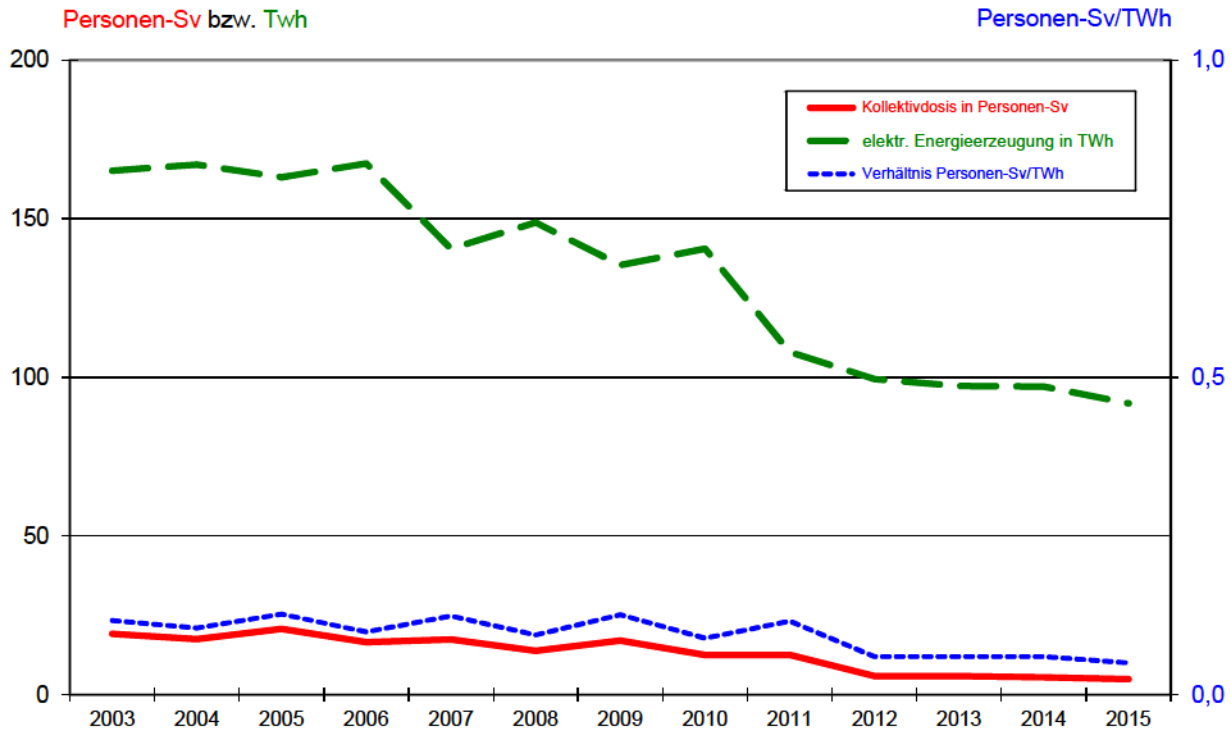
Schwankungen bei der Jahreskollektivdosis hängen überwiegend mit Änderungen bei der Anzahl des eingesetzten Fremdpersonals zusammen. In Jahren mit vermehrten Revisionen wird verstärkt Fremdpersonal eingesetzt, das dosisintensive Wartungsarbeiten durchführt. Die Werte verringerten sich ab dem Jahr 2012 gegenüber den Vorjahren. Ursache des Rückgangs ist das Abschalten der 8 Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel. Jahrespersonendosen von mehr als 20 mSv traten 2015 bei Beschäftigten in Kernkraftwerken und sonstigen kerntechnischen Anlagen nicht auf. Die Daten für die letzten Jahre sind geschätzt, da eine Zuordnung des Personals zu den in Betrieb befindlichen Reaktoren erst nach Vorlage der aktuellen o. g. GRS-Erhebung möglich ist. Angaben über die berufliche Strahlenexposition in Kernkraftwerken sind in Abbildung IV. 1-3 enthalten.

1.3 Inkorporationsüberwachung

Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen während ihrer Tätigkeit eine Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper nicht ausgeschlossen werden kann, werden in der Regel durch Aktivitätsmessungen in Ganz- und Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Von den Inkorporationsmessstellen wurden 1273 Personen im Jahr 2015 (Vorjahr: 1379) überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug weniger als 0,01 Personen-Sv. Die höchste Jahrespersonendosis infolge von Inkorporation lag bei 4,4 mSv. Von den 1273 Überwachten hatten 44 Personen Dosiswerte oberhalb der Nachweisgrenze.

Abbildung IV.1-3

Erzeugte Energie, Kollektivdosis und Dosis pro Energie



2. Natürliche Strahlenquellen

2.1 Flugpersonal

Mit der Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001 wurden die Anforderungen der EU-Richtlinie 96/29 Euratom in nationales Recht umgesetzt. Überwachungspflichtig ist damit auch Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen ermitteln mit Computerprogrammen die Dosiswerte der kosmischen Strahlenexposition, ordnen diese personenbezogen ihrem Personal zu und geben diese über das Luftfahrtbundesamt an das Strahlenschutzregister des BfS weiter. An dieser Vorgehensweise wird sich voraussichtlich auch nach Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom nichts ändern.

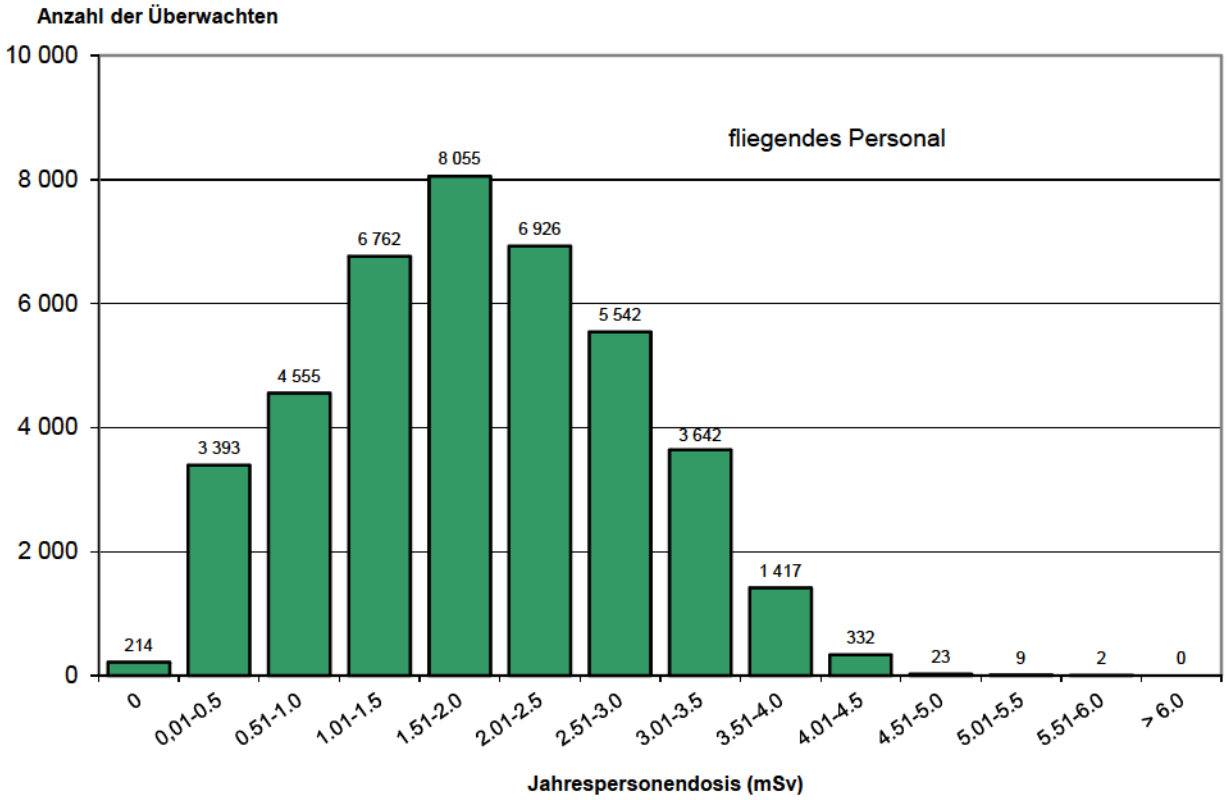
In Deutschland wurden im Jahr 2015 insgesamt 40 872 Personen (Vorjahr: 40 034) überwacht, die mittlere effektive Jahresdosis betrug wie im Vorjahr 1,9 mSv. Der höchste Jahrespersonendosiswert liegt bei 5,7 mSv. Die Kollektivdosis für das Jahr 2015 beträgt ca. 76 Personen-Sv. Damit zählt das fliegende Personal bezüglich der Kollektivdosis und der mittleren Jahresdosis zu den am höchsten strahlenexponierten Berufsgruppen Deutschlands. Auch die Form der Dosisverteilung (Abbildung IV. 2-1) und ihre zeitliche Schwankung ist nicht mit anderen Berufsgruppen vergleichbar. Wichtige Einflussgröße auf die Jahresdosis ist die zyklische Schwankung der Sonnenaktivität, die seit 2010 zu einem Rückgang der mittleren Dosis und der Kollektivdosis führt.

2.2 Arbeitsplätze mit erhöhter Radonexposition (Wasserwerke, Schauhöhlen, Heilbäder und Sanierungsbetriebe)

Für Personen, bei denen am Arbeitsplatz erheblich erhöhte Expositionen durch natürliche Strahlungsquellen auftreten können, ist eine Überwachung durchzuführen. Dies betrifft z.B. untertägige Bergwerke, Schauhöhlen und Anlagen der Wassergewinnung. Nach § 95 StrlSchV hat derjenige, der in eigener Verantwortung eine Arbeit ausübt oder ausüben lässt, die einem der in der Anlage XI dieser Verordnung genannten Arbeitsfelder zuzuordnen ist, eine auf den Arbeitsplatz bezogene Abschätzung der Strahlenbelastung durchzuführen (§ 95 Absatz 1). Wird dabei eine erhöhte Strahlenexposition festgestellt, so ist die Arbeit bei der zuständigen Behörde anzeigebedürftig (§ 95 Absatz 2). Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen, ist die Körperdosis zu ermitteln. Für die Be-

Abbildung IV.2-1

Verteilung der Jahrespersonendosis beim fliegenden Personal



schäftigten der Wismut GmbH, die Arbeiten zur Stilllegung und Sanierung der Betriebsanlagen und Betriebsstätten des Uranerzbergbaues ausführen, werden die Daten der Körperdosis auf der Grundlage der Regelungen des § 118 Absatz 2 Satz 1 ermittelt.

Für Beschäftigte der Wismut GmbH werden die durch Inhalation von Radionukliden der Uranzerfallsreihe und die durch Gammastrahlung verursachte Körperdosen ermittelt. Dazu werden Messungen mit personengetragenen Messgeräten durchgeführt. Diese Messgeräte erfassen die Strahlenexpositionen durch Radonzerfallsprodukte, durch langlebige Alphastrahler und durch externe Gammastrahlung. Für Beschäftigte, die Arbeiten in anderen Betrieben (nach Anlage XI der StrlSchV) ausführen, wird die durch Inhalation von Radonzerfallsprodukten verursachte Körperdosis ermittelt. Hierzu werden repräsentative Messungen an Arbeitsplätzen durchgeführt. Für jeden Arbeitsplatz werden aus den Messergebnissen charakteristische Expositionsdaten abgeleitet, aus denen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltszeiten die Körperdosen der Beschäftigten berechnet werden.

Auf Grund dieser Regelungen wurden im Jahr 2015 dem Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz für 300 Personen (Vorjahr: 329 Personen) Dosiswerte übermittelt. Von diesen 300 Personen führten 61 Personen (Vorjahr: 95 Personen) Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH aus. Die Kollektivdosis der 300 Beschäftigten betrug 1,1 Personen-Sv, die mittlere Jahrespersonendosis 3,7 mSv (Vorjahr: 3,5 mSv). Im Jahr 2015 gab es eine Überschreitung (2014: drei Überschreitungen) des Grenzwertes von 20 mSv. Der höchste Wert der effektiven Jahresdosis betrug 25 mSv (Vorjahr: 29 mSv). Die Dosisverteilung zeigt Abbildung IV. 2-3.

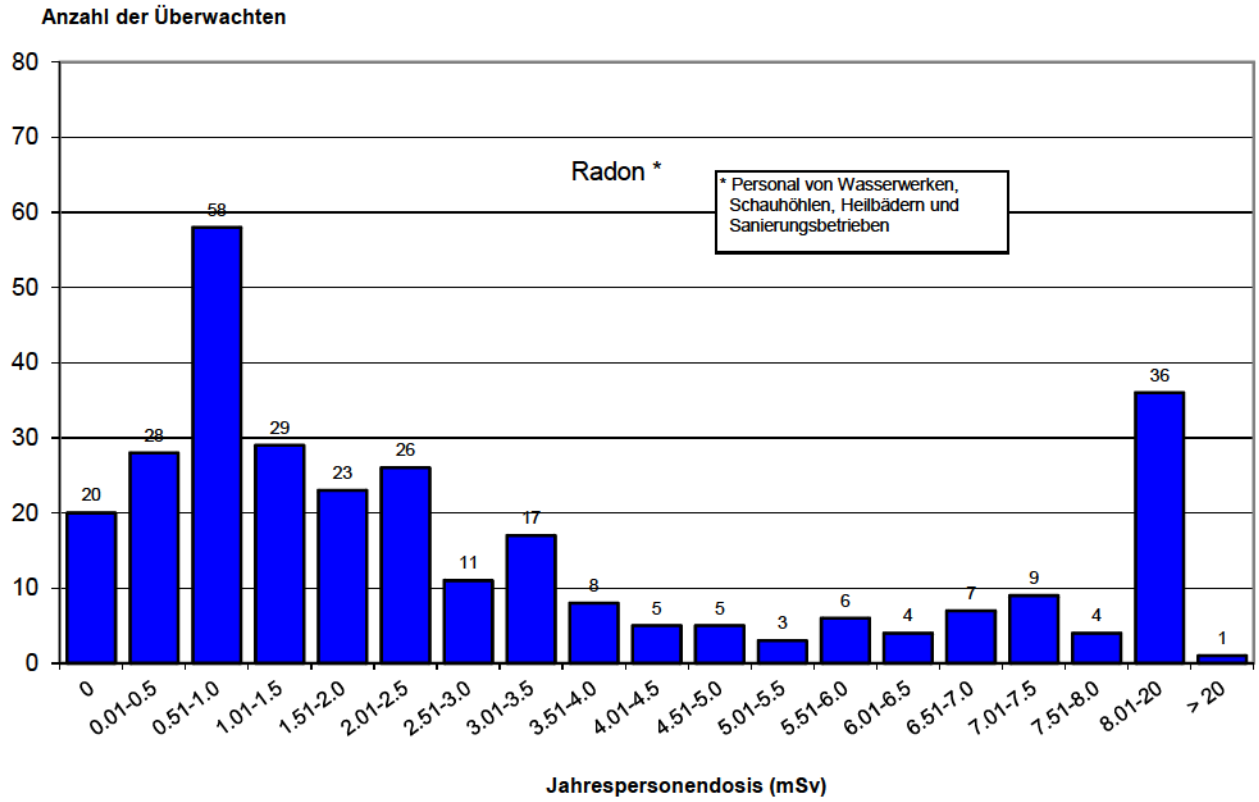
3. Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse

Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige besondere Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen selten. Derartige Vorkommnisse werden in den Jahresberichten „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMUB zusammengefasst.

Ein Großteil der für das Jahr 2015 gemeldeten Vorkommnisse sind Funde von radioaktivem Material, die meist durch eine nicht ordnungsgemäße Entsorgung des radioaktiven Stoffes verursacht wurden. Dabei kam es in keinem Fall zu einer radiologischen Gefährdung.

Abbildung IV.2-3

Verteilung der Jahrespersonendosen durch erhöhte natürliche Radonexposition 2015



Ein Teil der gemeldeten Vorkommnisse trat im medizinischen Anwendungsbereich auf. Durch menschliche Fehler (z.B. falsche Einstellungen, Patientenverwechslungen, Übertragungsfehler) wurden im Jahr 2015 dreizehn Vorkommnisse mit unbeabsichtigten Expositionen in der Medizin bekannt.

V. Medizinische Strahlenexposition

Medizinische Anwendungen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe haben sowohl bei Diagnostik als auch bei Therapie einen hohen Standard erreicht. Bei der Indikationsstellung wie auch bei der Durchführung werden hohe Qualitätsanforderungen gestellt.

Eine ausführliche Einführung in das Thema „Medizinische Strahlenexposition" findet sich in den Jahresberichten „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMUB (IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen).

1. Röntgendiagnostik

Bezüglich der Quellen für die Erfassung der Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen wird auf den Gundlagenteil „Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen" der Jahresberichte „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMUB verwiesen. Im vorliegenden Bericht werden Daten der Jahre 2007 bis 2014 präsentiert. Für die Jahre 2007 bis 2012 ergeben sich Abweichungen zu den Ergebnissen früherer Berichte. Hauptsächlich liegt dies daran, dass für bestimmte Untersuchungsarten nicht mehr auf die Schätzungen eines Forschungsvorhabens zur Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen im stationären Bereich für das Jahr 2002 zurückgegriffen wird. Die Daten dieses Forschungsvorhabens wurden bislang für Abschätzungen der Folgejahre extrapoliert. Ergebnisse eines Folgevorhabens für Daten des stationären Bereichs des Jahres 2012 liegen noch nicht vollständig vor. Daher wurde insbesondere für Computertomographien (CT) auf Daten des statistischen Bundesamtes zurückgegriffen, die ab 2007 zur Verfügung stehen und die von den bisher verwendeten extrapolierten Werten abweichen. Für konventionelle Röntgenuntersuchungen liegen keine vollständigen Daten des statistischen Bundesamtes vor. Für diesen Bereich müssen die Ergebnisse des neuen Forschungsvorhabens abgewartet werden.

Für die Abschätzung der kollektiven effektiven Dosis bzw. der mittleren effektiven Dosis pro Kopf wird über den betrachteten Zeitraum jeweils eine konstante Einzeldosis pro Untersuchungsart angenommen. Angesichts der großen Variabilitäten zwischen verschiedenen Anwendern von Röntgenstrahlung stellt dies nach den bisherigen Erfahrungen ein sinnvolles Prozedere dar. Dabei fließen in die Abschätzung Dosiswerte ein, die für häufige und/ oder dosisintensive Röntgenuntersuchungen von den ärztlichen Stellen (ÄS) für den aktuellen Zeitraum regelmäßig zum Zweck der Aktualisierung der diagnostischen Referenzwerte an das BfS übermittelt werden.

Im Folgenden beinhaltet der Begriff „Untersuchung" – gemäß internationaler Standards – alle Röntgenleistungen, die – bezogen auf ein Organ – zur Beantwortung einer klinischen Fragestellung mittels einer Röntgenmodalität (konventionelle Röntgenuntersuchung, Durchleuchtung, CT) notwendig sind. So wird z. B. bei einer Angiographie am Herzen nicht jeder Teilschritt (Kontrastmitteleinbringung, 1. Serie, 2. Serie, etc.) als getrennte Untersuchung gezählt sondern alle Teilschritte zusammen als eine Untersuchung. Zahnaufnahmen werden als gesonderte Untersuchungen gerechnet, wenn sie unterschiedliche Zähne bzw. Zahngruppen betreffen.

Für das Jahr 2014 wurde für Deutschland eine Gesamtzahl von etwa 135 Millionen Röntgenuntersuchungen abgeschätzt (ohne zahnmedizinischen Bereich: etwa 80 Mio. Röntgenuntersuchungen). Die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland nahm während des betrachteten Zeitraums 2007 bis 2014 geringfügig zu. Der Wert für die Gesamthäufigkeit für das Jahr 2014 liegt bei etwa 1,7 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr. Die Häufigkeit von zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen (Zähne und Kiefer) nahm zwischen 2007 und 2014 etwas stärker zu und beläuft sich aktuell auf etwa 0,7 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner, was etwa 40 % der Gesamtanzahl aller Röntgenuntersuchungen entspricht. Röntgenuntersuchungen des Kiefers machen inzwischen etwa 20 % der zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen aus. Über den Zeitraum 2007 bis 2014 hat die Häufigkeit dieser Untersuchungen um etwa 30 % zugenommen. Neben den Röntgenuntersuchungen im zahnmedizinischen Bereich entfällt der größte Teil aller Röntgenuntersuchungen auf das Skelett (d. h. Schädel, Schultergürtel, Wirbelsäule, Beckengürtel, Extremitäten) und auf den Thorax (Brustkorb, siehe Abbildung V. 1-1).

In der Trendanalyse ist die stetige Zunahme der Computertomographie (CT)-Untersuchungen am auffälligsten - insgesamt hat die Anzahl der CT-Untersuchungen zwischen 2007 und 2014 um etwa 40 % zugenommen. Ein erheblicher Anstieg ist auch bei den bildgebenden Untersuchungsverfahren, die keine ionisierende Strahlung verwenden, zu verzeichnen, insbesondere bei der Magnetresonanztomographie (MRT, Zunahme um etwa 55 %). Welches der beiden Verfahren im Einzelfall anzuwenden ist, hängt von der diagnostischen Fragestellung, der klinischen Situation (Notfall) und natürlich auch der Verfügbarkeit ab.

Im Gegensatz zur CT-Häufigkeit hat die Anzahl der konventionellen Röntgenuntersuchungen des Schädels (um ca. 15 %), des Thorax (um ca. 20 %), der Wirbelsäule (um ca. 20 %) und des Bauchraumes einschließlich des Verdauungs- und des Urogenitaltrakts (um ca. 30 %) im Zeitraum 2007 bis 2014 abgenommen.

Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2014 auf ca. 1,55 mSv. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2014 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen. Dieser Trend ist im Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit und der damit einhergehenden Zunahme der effektiven Dosis pro Kopf bedingt. Demgegenüber bleibt die effektive Dosis pro Einwohner für die Summe der restlichen Untersuchungsverfahren über die Jahre 2007 bis 2012 nahezu konstant.

Die CT und die ebenfalls dosisintensive Angiographie (einschließlich interventioneller Maßnahmen) tragen nur etwa 10 % zu der Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2012 jedoch mehr als 80 % (siehe Abbildung V. 1-1).

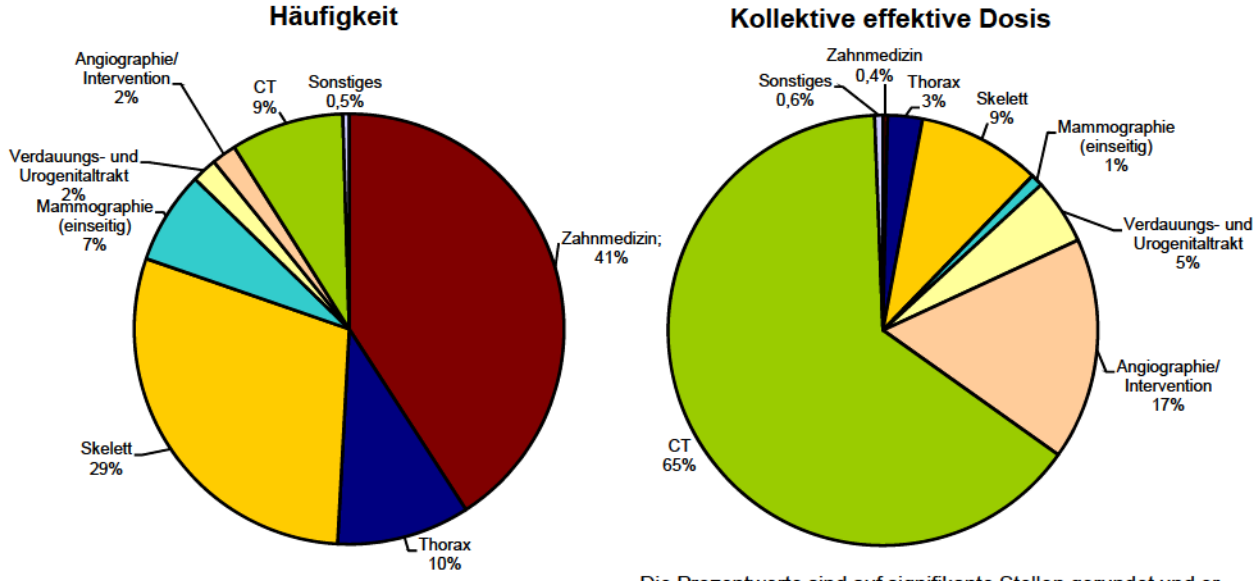
Röntgenreihenuntersuchungen zur Früherkennung von Brustkrebs (Mammographie-Screening)

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung und die häufigste Krebstodesursache bei Frauen. Im Jahr 2014 wurde laut Robert-Koch-Institut (www.krebsdaten.de) bei etwa 71 700 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt (mittleres Erkrankungsalter: 64 Jahre). Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts verstarben 2013 insgesamt etwa 17 900 Frauen an den Folgen einer Brustkrebserkrankung. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt, kann dies den Erfolg einer Therapie und damit die Überlebenswahrscheinlichkeit der Betroffenen erhöhen.

Die Röntgenuntersuchung der Brust (Mammographie) gilt als effektive Methode zur Früherkennung von Brustkrebs bei Frauen zwischen 50 und 69 Jahren. Daher hatte sich der Deutsche Bundestag bereits am 28.06.2002 für die Einführung eines organisierten und qualitätsgesicherten Mammographie-Screening-Programms (MSP) auf der Grundlage der europäischen Leitlinien ausgesprochen und die gemeinsame Selbstverwaltung der Ärzte und Krankenkassen gebeten, die hierzu erforderlichen Voraussetzungen - in Form von Richtlinien nach Maßgabe des Sozialrechts - zu schaffen.

Abbildung V.1-1

Prozentualer Anteil der verschiedenen Röntgenmaßnahmen an der Gesamthäufigkeit und an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2014



Die Prozentwerte sind auf signifikante Stellen gerundet und ergeben daher nicht in jedem Falle 100 %

Zur schrittweisen Einführung des MSP wurde 2003 die Kooperationsgemeinschaft Mammographie (www.mammo-programm.de) gegründet. Im Jahr 2005 wurde die erste Screening-Einheit (SE) zertifiziert und konnte ihren Betrieb aufnehmen; 2009 hat die letzte der insgesamt 94 SE ihren Betrieb aufgenommen. Zielgruppe des MSP sind alle (symptomfreien) Frauen im Alter zwischen 50 und 69 Jahren. Die Screening-Mammographie-Untersuchung wird alle 2 Jahre angeboten. Anspruchsberechtigt sind etwa 10,5 Mio Frauen. Die Teilnahmerate lag 2014 bei 54 % [18] .

Würden die von den EU-Leitlinien geforderten 70 % der anspruchsberechtigten Frauen an der Screening-Maßnahme teilnehmen, beliefe sich unter der Annahme einer effektiven Dosis von 0,5 mSv pro Screening-Untersuchung die daraus resultierende kollektive effektive Jahresdosis auf etwa 1800 Personen-Sv pro Jahr. Dies entspricht weniger als 1,5 % der kollektiven effektiven Dosis der gesamten jährlichen Röntgendiagnostik in Deutschland. In den in Abbildung V. 1-1 gezeigten Anteilen, die aus Mammographien stammen, wurden zu etwa einem Drittel Mammographien berücksichtigt, die als „kurative Mammographien“ über die Kassen abgerechnet wurden, also als Mammographien, für die zur Abklärung eines Symptoms in der Brust eine Indikation für die Untersuchung bestand. Bei einem gewissen Prozentsatz dieser „kurativen Mammographien“ könnte es sich jedoch auch um Früherkennungs-Mammographien handeln, die außerhalb des Mammographie-Screening-Programms und damit ohne die hier gültige Qualitätssicherung durchgeführt wurden („opportunistisches Screening“). Die Anzahl der als „kurative Mammographie“ abgerechneten Untersuchungen hat in den ersten fünf Jahren nach Einführung des Mammographie-Screening-Programms im kassenärztlichen Bereich um ca. ein Drittel abgenommen und ist seither in etwa konstant.

Übergeordnetes Ziel des Mammographie-Screening-Programms ist die nachhaltige Verringerung der Brustkrebs-Mortalität. Im Jahr 2010 wurden vom BMUB in Kooperation mit dem BfS erste konkrete Schritte zur Evaluation der Brustkrebsmortalität in die Wege geleitet. An der Finanzierung des seit Juli 2012 laufenden Vorhabens beteiligen sich das BMUB, das BMG sowie die Träger des Mammographie-Screening-Programms. Die Geldgeber sowie das BfS, das Robert-Koch-Institut, ein Vertreter der obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) und die Patientenvertretung bilden ein so genanntes Steuerungsgremium. Die Aufgaben des Steuerungsgremiums sind u. a. die Schaffung der organisatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Abwicklung der Vorhaben zur Mortalitätsevaluation sowie die Festlegung der Konzeption und des Inhalts der Evaluation des deutschen Mammographie-Screening-Programms. Das Steuerungsgremium wird hinsichtlich der Konzeption und

[18] Jahresbericht Evaluation 2014. Deutsches Mammographie-Screening-Programm. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, Dezember 2016 (fachservice.mammo-programm.de/publikationen-und-stellungnahmen)

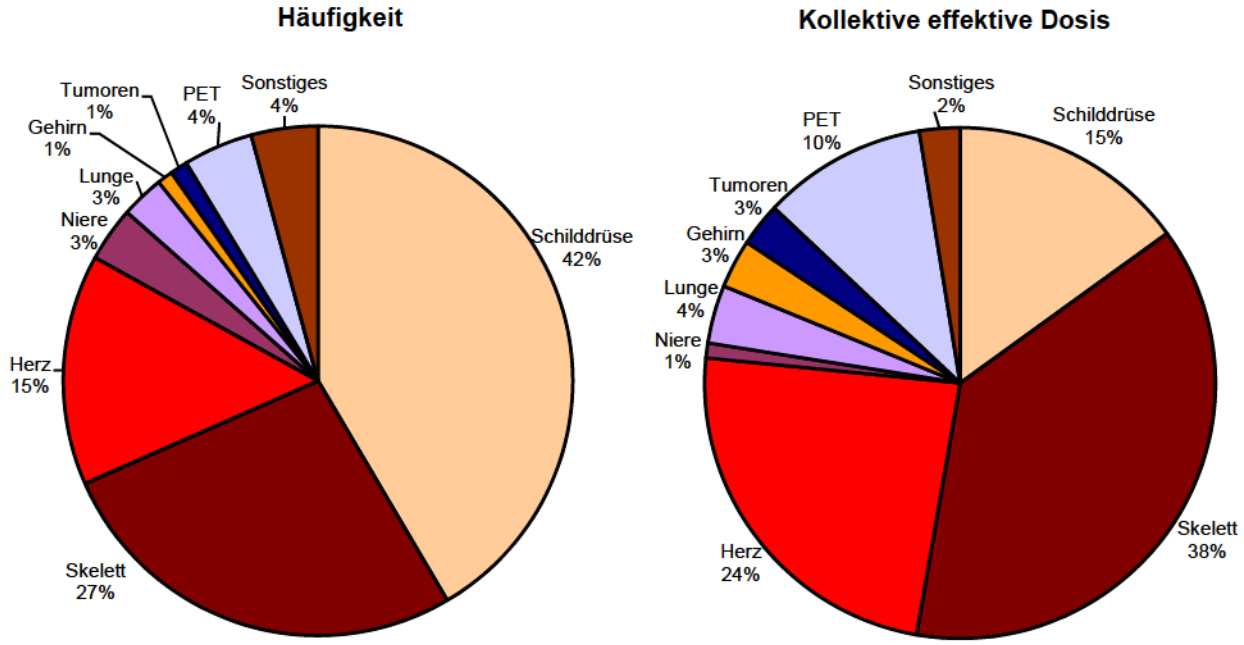
Gestaltung der Inhalte des Forschungsvorhabens sowie der Projektbegleitung von einem Wissenschaftlichen Beirat unterstützt. Die administrative Abwicklung der Mortalitätsevaluation erfolgt seitens des BMUB im Rahmen eines Ressort-Forschungsvorhabens über einen geplanten Zeitraum von zehn Jahren. Auf Grund der komplexen Situation in Deutschland mit seiner föderalen Struktur - z. B. liegen unterschiedliche Datenschutzbestimmungen mit jeweils hohem Schutzniveau in den einzelnen Bundesländern vor - wurde zunächst in einer Machbarkeitsstudie geprüft, auf welche Weise in Deutschland eine Evaluation der Brustkrebsmortalität organisatorisch und technisch realisiert werden kann. Die Machbarkeitsstudien I und II liefen im Zeitraum von Juli 2012 bis September 2016. Derzeit laufen die Vorbereitungen für den Einstieg in die Hauptstudie (vgl. Programmreport S. 128 doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2016080114068).

2. Nuklearmedizinische Diagnostik

Eine ausführliche Einführung in die Thematik findet sich in den Jahresberichten „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des BMUB (IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen). Die Ergebnisse der aktuellen Auswertung der Daten zur Häufigkeit und Dosis von nuklearmedizinischen Untersuchungen beziehen sich auf den Fünfjahres-Zeitraum 2010 bis 2014. In die Abschätzung der kollektiven effektiven Dosis und deren Bewertung fließen die Resultate eines 2011 abgeschlossenen UFOPLAN-Forschungsvorhabens ein („Erhebung von Häufigkeit und Dosis für nuklearmedizinische Untersuchungsverfahren“) sowie aktuelle Literatur[19,20]. Pro Jahr wurden 2010 bis 2014 in Deutschland im Mittel ca. 2,7 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt, was einer jährlichen Anwendungshäufigkeit von 33,6 Untersuchungen pro 1000 Einwohner entspricht. Am häufigsten wurden Szintigraphien der Schilddrüse und des Skeletts durchgeführt (Abbildung V. 2-1). Bei Abbildung V. 2-1 ist zu beachten, dass die szintigraphischen Untersuchungen des Herzens in Ruhe und unter körperlicher Belastung einzeln gezählt wurden, auch wenn diese meistens im Rahmen einer Untersuchung hintereinander (während eines Tages oder über zwei Tage) stattfinden.

Abbildung V.2-1

Prozentualer Anteil der nuklearmedizinischen Untersuchungen und ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland in den Jahren 2010-2014



Es wurde eine über den Zeitraum 2010 bis 2014 gemittelte effektive Dosis von etwa 0,1 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. Rund drei Viertel der kollektiven effektiven Dosis werden durch die Skelett-, die Myokard(Herz)- und die Schilddrüsenszintigraphie verursacht (Abbildung V. 2-1).

[19] Kotzerke J, Oehme L, Lindner O, Hellwig D: Arbeitsausschuss PET der DGN: Positron Emissions Tomographie 2008 in Deutschland - Ergebnisse einer Umfrage und aktuelle Sachlage. Nuklearmedizin 49: 58-64, 2010

[20] Hellwig D, Grgic A, Kotzerke J, Kirsch CM: Nuklearmedizin in Deutschland - Kennzahlen aus offiziellen Statistiken. Nuklearmedizin 50: 53-67, 2011

Die mittleren effektiven Dosiswerte nuklearmedizinischer Untersuchungen waren bei Entzündungs- und Gehirnszintigraphien am höchsten (jeweils 7,7 mSv pro Untersuchung). Fasst man die Dosis durch Herzszintigraphien in Ruhe und unter Belastung zusammen, so erhält man ebenfalls eine vergleichsweise hohe Dosis von 8 mSv pro Untersuchung. Die am häufigsten angewendete Schilddrüsenszintigraphie weist eine recht niedrige effektive Dosis von durchschnittlich 0,9 mSv pro Untersuchung auf. Die bei Kindern relativ häufig durchgeführten Nierenuntersuchungen sind ebenfalls durch eine niedrige Strahlenexposition gekennzeichnet (durchschnittlich 0,7 mSv pro Untersuchung). Insgesamt betrug die mittlere effektive Dosis pro Untersuchung 2,4 mSv.

3. Strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition

Die hohe Pro-Kopf-Anzahl röntgendiagnostischer Maßnahmen für Deutschland spiegelt den Stand der hiesigen Gesundheitsversorgung wider. Dennoch existiert sicherlich ein deutliches Einsparpotenzial ohne Beeinträchtigung der Patientenversorgung. Hierzu können die diagnostischen Referenzwerte zur Optimierung der medizinischen Exposition (bessere Qualität der Untersuchung, niedrigere Dosis) ebenso einen wesentlichen Beitrag leisten wie strengere Kriterien bei der Indikationsstellung zur Durchführung röntgendiagnostischer Maßnahmen, die Vermeidung von Doppeluntersuchungen (bessere Kommunikation zwischen Arztpraxen; Röntgenpass) und die vermehrte Nutzung „alternativer" diagnostischer Verfahren ohne die Verwendung ionisierender Strahlung (Magnetresonanztomographie, Sonographie, Ultraschall).

Die Themen „Therapie mit ionisierender Strahlung", „Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen", „Internationaler Vergleich" und die strahlenhygienische Bewertung der medizinischen Strahlenexposition werden in den BMUB-Jahresberichten ausführlich behandelt.

VI. Nichtionisierende Strahlung

Eine Einführung in die Definition verschiedener Komponenten nichtionisierender Strahlung findet sich in den Jahresberichten des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

1. Elektromagnetische Felder

Das Bundesamt für Strahlenschutz sowie nationale und internationale Expertengremien verfolgen und bewerten nach wissenschaftlichen Kriterien kontinuierlich die einschlägigen Veröffentlichungen in anerkannten wissenschaftlichen Fachzeitschriften. Bei der Bewertung neuer Erkenntnisse wird jeweils die Gesamtheit der Forschungsergebnisse betrachtet. Dies ist die Grundlage für eine umfassende Risikobewertung und für die Erarbeitung von Strahlenschutzmaßnahmen. Ausführliche Informationen finden sich im „Strahlenschutzforschung Programmreport 2015" unter http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068.

Statische elektrische und magnetische Felder

Statische Magnetfelder üben Kräfte auf elektrisch geladene Teilchen im menschlichen Körper aus, wenn sich die Teilchen quer zum Magnetfeld bewegen. Das betrifft insbesondere den Blutstrom oder Bewegungen des Körpers im Magnetfeld. Ältere wissenschaftliche Untersuchungen haben für magnetische Flussdichten unterhalb von etwa 4 Tesla keine direkten negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper gefunden.

Personen, die als medizinisches Personal direkt in der Nähe von Magnetresonanztomographen (MRT) arbeiten, sowie Patienten sind starken statischen Magnetfeldern mit magnetischen Flussdichten von 1,5 bis 3 Tesla (T) ausgesetzt. In naher Zukunft ist mit der Einführung von 7-Tesla-Geräten in die klinische Praxis zu rechnen. Die Feldstärkewerte neuer Technologien (in der medizinischen Forschung) erreichen bereits Werte von mehr als 10 T. Ab einer Schwelle von etwa 2 - 4 T wird über vorübergehende Effekte wie Schwindel und Übelkeit berichtet. Mögliche gesundheitliche Risiken statischer Magnetfelder von 7-Tesla-Geräten wurden in drei Forschungsvorhaben des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) im Zeitraum 2008 bis 2011 untersucht. Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben deckten keine gesundheitlichen Risiken während der Schwangerschaft und für das medizinische Personal auf. Eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit von Medizinern, die Eingriffe an offenen MRT-Systemen durchführen, ist ebenfalls nicht zu erwarten.

Statische Magnetfelder treten auch in der Umgebung von Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) auf. Im Rahmen des Stromnetzausbaus ist der Neubau mehrerer HGÜ-Leitungsverbindungen in Deutschland vorgesehen. Die Anlagen müssen so errichtet und betrieben werden, dass an Orten, die zum vorübergehenden oder dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, ein Grenzwert von 500 µT eingehalten wird. Dies dient dem Schutz der Träger von elektronischen Implantaten, wie z. B. Herzschrittmachern. Zudem sind bei der Errichtung und wesentlichen Änderung die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwir-

kungsbereich zu minimieren. Das BfS hat das BMUB 2015 bei der Erarbeitung einer konkretisierenden Verwaltungsvorschrift fachlich unterstützt.

Die zusätzlichen statischen Magnetfelder in der Nähe von HGÜ-Trassen werden voraussichtlich in der Größenordnung der Feldstärken des natürlichen Erdmagnetfeldes liegen. Angesichts der erwähnten Ergebnisse in wesentlich stärkeren Feldern der Magnetresonanztomographie ist mit einer Beeinträchtigung der Bevölkerung und der Umwelt nicht zu rechnen. In der Nähe von Gleichstromtrassen werden auch statische elektrische Felder auftreten, die bisher wenig erforscht sind. Es wird auch verstärkt zur Ionisierung von Luftpartikeln kommen. Beide Phänomene müssen in naher Zukunft verstärkt erforscht werden.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Das Schutzkonzept zur Vermeidung gesundheitlicher Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder zielt auf die Begrenzung der im Körper hervorgerufenen elektrischen Felder, die neben den auf Grund natürlicher Vorgänge auftretenden Feldern wirksam werden können. Die im Körper induzierte elektrische Feldstärke stellt die Basisgröße für den Strahlenschutz dar. Grenzwerte, zum Beispiel in der 26. BImSchV, werden davon abgeleitet. Diese Grenzwerte beziehen sich auf die außerhalb des menschlichen Körpers auftretenden elektrischen und magnetischen Felder. Auch in technischen Gerätesicherheitsnormen wird auf diese Werte Bezug genommen.

Epidemiologische Studien deuten bei beruflicher Exposition mit starken niederfrequenten Magnetfeldern darauf hin, dass verstärkt neurodegenerative Erkrankungen auftreten könnten. Es scheint vor allem bei der Alzheimer-Demenz und der amyotrophen Lateralsklerose (ALS, Schädigung der Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern), nicht aber bei der Parkinson-Krankheit und der Multiplen Sklerose einen statistischen Zusammenhang zu geben. In einem 2013 abgeschlossenen Forschungsvorhaben des BfS konnte im Tiermodell kein Zusammenhang zwischen einer Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern und den Mechanismen, die an der Entstehung und am Verlauf von Alzheimer-Demenz und ALS beteiligt sind, nachgewiesen werden.

Auf Grund konsistenter Ergebnisse epidemiologischer Studien wird ein erhöhtes Risiko für Leukämie im Kindesalter bei Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern diskutiert. Informationen zum Themenfeld „Leukämie im Kindesalter“ sind den Jahresberichten des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ zu entnehmen.

Hochfrequente elektromagnetische Felder

Hochfrequente elektromagnetische Felder (>100 kHz – 300 GHz) kommen in unserem Alltag hauptsächlich bei Anwendungen vor, die zur drahtlosen Informationsübertragung bei Radio, Mobilfunk oder Fernsehen verwendet werden. Der wesentliche Parameter für Maßnahmen zum Schutz vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die Gewebeerwärmung, da in wissenschaftlichen Untersuchungen erst bei einer dauerhaften Erhöhung der Körpertemperatur um 1°C gesundheitlich relevante Beeinträchtigungen beobachtet wurden.

Die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder, vor allem des Mobilfunks, waren auch im Jahr 2015 Gegenstand kontroverser öffentlicher und wissenschaftlicher Diskussionen. Dabei geht es um mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge so genannter nicht-thermischer Wirkungen. Nicht- thermische Effekte sind biologische Effekte, die nicht mit einer Erwärmung erklärt werden können. Derartige Wirkungen, wie zum Beispiel Kraftwirkungen auf einzelne Zellen, sind zum Teil gut untersucht. Sie treten im Mobilfunkfrequenzbereich aber erst bei wesentlich höheren Intensitäten auf als die thermischen Wirkungen. Gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge nicht-thermischer Wirkungen im Bereich niedriger Intensitäten hochfrequenter Felder konnten bisher - trotz jahrzehntelanger Forschung - wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Auch das in den Jahren 2002 bis 2008 durchgeführte Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm (www.emf-forschungsprogramm.de) konnte in Übereinstimmung mit weiteren nationalen und internationalen Forschungsergebnissen die früheren Hinweise auf mögliche biologische Wirkungen bei Intensitäten unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte (www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/schutz/grenzwerte/grenzwerte.htm) nicht bestätigen.

Wissenschaftliche Unsicherheiten verbleiben jedoch hinsichtlich der Frage zu möglichen Langzeitrisiken für Handynutzung von mehr als 13 Jahren und der Frage nach einer möglichen Alters- und Geschlechtsabhängigkeit bzw. der Existenz von empfindlicheren Bevölkerungsgruppen. Diese Unsicherheiten führten dazu, dass 2011 die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) auch hochfrequente elektromagnetische Felder in die Gruppe 2b („möglicherweise krebserregend“) eingestuft hat.

Eine weitere offene Frage ist die Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der wiederholt beobachteten schwachen Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das EEG. Hierfür wurde auf Initiative des BfS das folgende Forschungsvorhaben 2014 initiiert und im Jahr 2015 fachlich betreut. Mit Ergebnissen ist Ende 2016 zu rechen:

– „Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Endgeräten auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit älterer Frauen“ (siehe Programmreport 2015, S.176 ff http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068).

Eine Pilotstudie des Fraunhofer-Instituts aus dem Jahr 2010 fand bei Mäusen, die mit einer krebserregenden Substanz (ENU; Ethylnitrosoharnstoff) behandelt wurden, eine tumorfördernde Wirkung elektromagnetischer Felder des UMTS- Standards. Das BfS hat an der Jacobs University Bremen eine Folgestudie gefördert, die Ergebnisse der Pilotstudie wurden weitestgehend bestätigt. Ein möglicher Wirkmechanismus ist unbekannt und wird weiter untersucht.

Die folgenden Forschungsvorhaben wurden im Jahr 2015 durch das BfS initiiert:

– „Synergistische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen - Kokanzerogenität oder Tumorpromotion?“
– „Weiterführende Untersuchungen zur Dosimetrie einer tierexperimentellen Studie an Labornagern mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern“

Funkdienst für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk)

Der Ausbau des Funkdienstes für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk) ist weitestgehend abgeschlossen. Er basiert auf dem TETRA (Terrestrial Trunked Radio)-Standard, der im Vergleich zum Mobilfunk weniger untersucht ist.

Um beim Ausbau des BOS-Netzes die grundlegenden Anforderungen des Strahlenschutzes sowie der Information und Risikokommunikation angemessen zu berücksichtigen, hat das BfS mit der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) eine Vereinbarung geschlossen. Darin ist festgelegt, dass die BDBOS und das BfS zur Klärung offener wissenschaftlicher Fragen zur Risikobewertung von Feldern des TETRA-Standards kooperieren. Es wurden mehrere Studien durchgeführt.

Beim typischen Einsatz von TETRA-Funkgeräten im BOS-Netz wurde keine Überschreitung der geltenden Grenzwerte gefunden. Eine Exposition mit TETRA bis zu 6 W/kg hatte keinen Einfluss auf Schlafqualität, die kognitive Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und das Auftreten verschiedener Symptome. Es zeigten sich geringfügige Veränderungen im EEG, die bekannten Beobachtungen beim Mobilfunk ähneln. Eine umfangreiche Literaturstudie hat gezeigt, dass die Erwärmung durch Mobilfunk-Endgeräte, die mit unterschiedlichen Standards arbeiten (GSM, UMTS, TETRA) sehr gering ist. Die unterschiedlichen Frequenzbereiche sind gut untereinander vergleichbar und haben nach dem heutigen wissenschaftlichen Kenntnisstand keine gesundheitsrelevanten Wirkungen.

Das folgende Forschungsvorhaben wurde im Jahr 2014 vom BfS initiiert und wird Anfang 2016 abgeschlossen:

– „Bewertender Review zu der Frage der Übertragbarkeit von Ergebnissen aus benachbarten Frequenzbereichen und ähnlichen Technologien auf TETRA am Beispiel der Thermoregulation und deren Einflussfaktoren“

Selbstverpflichtung Mobilfunkbetreiber - weiterführende Forschung

Die Mobilfunknetzbetreiber haben sich im Dezember 2001 gegenüber der Bundesregierung dazu verpflichtet, den Verbraucher- und Gesundheitsschutz im Bereich des Mobilfunks zu verbessern. Schwerpunkte der hierzu abgegebenen Selbstverpflichtung liegen unter anderem auf der Verbesserung der Kommunikation und der finanziellen Unterstützung von Forschung.

Die alle zwei Jahre erstellten Gutachten dienen der Bundesregierung als Grundlage für die mit den Mobilfunkbetreibern geführten Gespräche zum Umsetzungsstand der Selbstverpflichtung. Das Jahresgutachten 2015, das insgesamt neunte seit Abgabe der Selbstverpflichtung im Jahr 2001, bestätigt für den Bereich der Kooperation mit den Kommunen bei der Standortwahl ein im Zeitablauf seit 2007 stabiles Niveau, auch wenn aktuell leichte Verschlechterungen zu attestieren sind. Deutlich verschlechtert hat sich der Bereich Verbraucherinformation. Die Gutachter bemängeln den Informations- und Kenntnisstand der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Handyshops zur Strahlenleistung von Handys, angegeben als SAR-Wert (Spezifische Absorptionsrate). Auch sei Informationsmaterial als Printmedien in den Shops zu dieser Thematik nicht mehr vorhanden. Das Gutachten bestätigte aber auch das gute bis sehr gute Niveau von Verbraucherinformationen in den Online-Shops, auf den Internetseiten der Mobilfunknetzbetreiber sowie des Informationszentrums Mobilfunk (IZMF). Das IZMF hat zum Ende des Jahres 2015 seine Arbeit eingestellt.[21]

[21] Siebter Bericht der Bundesregierung über die Forschungsergebnisse in Bezug auf die Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen, Deutscher Bundestag, Drucksache 18/10600 vom 15.12.2016

Die im Rahmen der Selbstverpflichtung durch die Mobilfunkbetreiber anteilig finanzierten und mittlerweile abgeschlossenen Forschungsarbeiten des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (Design, Vergabe und Interpretation der Forschungsergebnisse lagen ausschließlich in der Hand des BfS und wurden transparent durch das BfS kommuniziert) bezogen sich auf die Erforschung der Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder sowie auf die Ermittlung der Grundlagen für eine verbesserte Risikokommunikation. Der Schwerpunkt der fortführenden Forschung, die im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung durchgeführt wird, liegt nun in den Bereichen „Wissensmanagement“ und „Risikokommunikation“. In Anlehnung an das Verfahren, das sich bei der Umsetzung der Forschungsvorhaben im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms bewährt hat, wurden Forschungsvorhaben zu Wissensmanagement und Risikokommunikation speziell für den Bereich Mobilfunk gefördert.

Zwei Vorhaben wurden 2015/2016 begonnen und werden 2016/2017 fertiggestellt. Die Ergebnisse fließen direkt in die Risikokommunikation des BMUB und des BfS mit ein:

- Das Informationsportal zum Thema elektromagnetische Felder (EMF-Portal), das vom Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (FEMU) am Universitätsklinikum Aachen betrieben wird, stellt einen wichtigen Baustein der Risikokommunikation des BMUB dar („Evaluierung des EMF-Portals und Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen für dessen weitere Gestaltung“). Um für die interessierten Benutzer die Qualität dieses Portals sicherzustellen, wird das EMF-Portal über ein Vorhaben durch einen externen Auftragnehmer evaluiert. Mit der Evaluierung wurde 2015 begonnen und sie wird voraussichtlich im Frühjahr 2017 abgeschlossen sein.
- Durch die verschiedenen Bewertungen des Risikopotenzials des Mobilfunks kommt es selbst in Fachkreisen zur Verunsicherung. Deshalb werden in einem Vorhaben („Divergierende Risikobewertung im Bereich Mobilfunk“) verschiedene Bewertungen von namhaften und auch von sogenannten Nicht-Regierungsorganisationen (NGOs) vergleichend, jedoch nicht bewertend, gegenübergestellt. Mit Ergebnissen wird Ende 2016 gerechnet.

Risikokommunikation

Speziell für den Bereich „Mobilfunk“ wurden bereits im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms Forschungsvorhaben mit dem Ziel durchgeführt, die Wahrnehmung möglicher Risiken des Mobilfunks in der Gesellschaft und die Risikowahrnehmung an sich zu erfassen sowie Möglichkeiten zur Verbesserung der Risikokommunikation zu diesem Thema aufzuzeigen.

Im Bereich der Niederfrequenz wurde die Risikowahrnehmung der Bevölkerung bereits in einem Forschungsvorhaben vor der Energiewende erfasst.

In einem abgeschlossenen Forschungsvorhaben wurden die Diskurse, die rund um den Stromnetzausbau laufen, untersucht:

- „Analyse des öffentlichen Diskurses zu gesundheitlichen Auswirkungen von Hochspannungsleitungen – Handlungsempfehlungen für die strahlenschutzbezogene Kommunikation beim Stromnetzausbau“
  (siehe Programmreport 2015, S. 74 ff, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068)

Das Hauptaugenmerk des BMUB/BfS in dieser Auseinandersetzung liegt auf den von der Bevölkerung befürchteten gesundheitlichen Auswirkungen der um eine Trasse auftretenden Magnetfelder. Die erhofften Ergebnisse für die Risikokommunikation im teilweise zähen Ringen um eine neue Stromtrasse konnten beigebracht werden. Durch dieses Vorhaben wurde ein detaillierter Einblick in die an einigen Trassen herrschende Widerstandskultur gewonnen. Es wurde ein „Werkzeugkasten“ erstellt, der vom BfS und auch vom BMUB bei Veranstaltungen herangezogen werden kann.

Um auf Anfragen bez. unterschiedlicher Grenz-, Referenz- und/oder Richtwerte in verschiedenen Ländern über den gesamten nichtionisierenden Bereich kompetent Auskunft zu geben, wurde ein Vorhaben initiiert, das weltweit die unterschiedlichen Regelungen der wichtigsten im nichtionisierenden Bereich agierenden Ländern auflistet. Ein Blick in das umfangreiche Werk zeigt, dass es sehr unterschiedliche Regelungen gibt. Eine kurze Zusammenfassung jeweils für den Optikbereich und für den EMF-Bereich wird auf die BfS-Homepage gestellt:

- „Internationaler Vergleich der rechtlichen Regelungen im nicht-ionisierenden Bereich“
  (siehe Programmreport 2015, S. 81, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068)

Die Risikokommunikation des BMUB und des BfS basiert auf den Ergebnissen aller anwendungsorientierten und im Bereich der Schwerpunkte „Wissensmanagement und Risikokommunikation" der freiwilligen Selbstverpflichtung durchgeführten Forschungsvorhaben. Aktuell werden Maßnahmen ausgearbeitet, um die Information der Bevölkerung und ihr Verständnis über die Funktions- und Wirkungsweise der hochfrequenten und der niederfrequenten Felder – hier speziell im Bereich der Energieübertragung - zu verbessern. Ziel ist es unter anderem, die

Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Untersuchungen über mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch HF und NF zielgruppengerecht und bevölkerungsnah zu vermitteln.

Im Bereich der Wirkungen der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder besteht bei den Bürgerinnen und Bürgern nach wie vor ein erhebliches Informationsbedürfnis. Ein bedeutender Aspekt ist die Frage, auf welcher Grundlage gesundheitliche Risiken von Expositionen bewertet und Grenzwerte festgelegt werden. Um diese Grundlagen der Öffentlichkeit verständlich zu machen, ist ein möglichst umfassendes und ungefiltertes Informationsangebot notwendig. Dieses steht in Form des EMF-Portals, das maßgeblich im Rahmen von Forschungsvorhaben des UFOPLANs erstellt und verbessert wurde, im Internet frei zur Verfügung (www.emf-portal.de). In einem abgeschlossenen Vorhaben wurde das EMF-Portal vor allem für wissenschaftliche Experten verbessert und erweitert:

– „Weiterentwicklung der Internet Informationsplattform „EMF-Portal“ und Ausbau zum WHO-Kollaborationszentrum“
(siehe Programmreport 2015, S. 66 http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068)

Dazu wurden die englischsprachigen Angebote erweitert und die Nutzerfreundlichkeit für internationale Experten verbessert, Grundlagentexte in deutscher und englischer Sprache, die dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, ergänzen das Angebot.

Runder Tisch elektromagnetische Felder

Bereits im Jahr 2004 wurde unter Leitung des Bundesamtes für Strahlenschutz ein Runder Tisch eingerichtet. Der Runde Tisch ist ein unabhängiges Beratungs- und Diskussionsgremium, das mehr Transparenz bei der Vermittlung und Kommunikation von Erkenntnissen im Bereich Strahlenschutz schaffen soll. Ursprünglich wurde der Runde Tisch zum Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF) eingerichtet mit dem Ziel, das BfS bei der Kommunikation des Programms, seiner Ziele und Ergebnisse zu unterstützen. Der Runde Tisch hat sich als Diskussions- und Beratungsgremium über das DMF hinaus bewährt. Nach Abschluss des DMF wurde er als „Runder Tisch Elektromagnetische Felder“ (RTEMF) fortgeführt. Das Themenspektrum wurde dabei auf den Bereich Niederfrequenz, speziell Stromnetzausbau, erweitert. Fragen, wie wissenschaftliche Forschungsergebnisse verständlich kommuniziert werden können, wie eine kritische Öffentlichkeit informiert und betroffene Bürgerinnen und Bürger rechtzeitig und angemessen in Entscheidungsprozesse eingebunden werden können, sind sowohl für den Mobilfunk als auch für den Stromnetzausbau zu betrachten. Der RTEMF hat sich als Forum etabliert, auf dem unterschiedliche Akteure ihre Sichtweisen und Erkenntnisse zu Fragen des Strahlenschutzes bei EMF diskutieren und austauschen können. Die Protokolle der Sitzungen und die aktuelle Mitgliederliste sind unter www.emf-forschungsprogramm.de/runder_tisch.html/rtemf.html einzusehen.

Umweltzeichen „Blauer Engel“

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001 empfohlen, „bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen“. Für Verbraucher stellt die Nutzung strahlungsarmer Produkte eine Möglichkeit zur Vorsorge gegenüber möglichen, aber nicht nachgewiesenen Wirkungen elektromagnetischer Felder dar.

In den Folgejahren sind unter Mitwirkung des BfS für unterschiedliche Verbraucherprodukte Vergabegrundlagen für das Umweltzeichen „Blauer Engel" erarbeitet worden, in denen Anforderungen an die Strahlungseigenschaften beschrieben sind. Hersteller können die definierten Qualitätskriterien für die Geräteentwicklung nutzen.

Für strahlungsarme Handys gilt die Vergabegrundlage RAL-UZ 106: Geräte mit einem unter Laborbedingungen gemessenen SAR-Wert von höchstens 0,6 W/kg (also deutlich unter dem empfohlenen Expositionsgrenzwert von 2 W/kg), die zudem besonders umweltfreundlich konstruiert sind, können ausgezeichnet werden.

Das BfS stellt die unter standardisierten Bedingungen ermittelten SAR-Werte der auf dem deutschen Markt verfügbaren Mobiltelefone in einer Liste zusammen und veröffentlicht die Daten unter http://www.bfs.de/SiteGlobals/Forms/Suche/BfS/DE/SARsuche_Formular.html. Die Liste umfasst insgesamt 2505 klassische Mobiltelefone und Smartphones, wobei für 2221 Geräte ein SAR-Wert vorliegt, und wird in den Jahresberichten des BMUB über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ statistisch ausgewertet.

Außer für Handys gibt es seit 2009 auch eine Vergabegrundlage für digitale Schnurlostelefone: Geräte, die im Standby das Sendesignal abschalten und weitere Kriterien zum vorsorglichen Strahlenschutz erfüllen, können ausgezeichnet werden. 2015 waren 7 Modelle eines deutschen Herstellers mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

Weitere Produkte, die ausgezeichnet werden können, wenn bestimmte Anforderungen an die Strahlungseigenschaften nachgewiesen werden, sind

– Babyüberwachungsgeräte,

- Mikrowellenkochgeräte für den Hausgebrauch,
- Lampen,
- Router,
- programmierbare Heizkörperthermostate.

Hersteller strahlungsarmer Produkte nutzen den Blauen Engel leider bislang nur vereinzelt.

2. Optische Strahlung

Eine ausführliche Einführung in das Thema „Optische Strahlung" findet sich im Grundlagenteil der Jahresberichte „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des BMUB.

2.1 Forschung zur UV-Strahlung

UV-Exposition zur Vitamin-D-Bildung

Übermäßige UV-Belastung führt zu sofortigen sowie später auftretenden Gesundheitsschäden an Auge und Haut. Gleichzeitig wirkt sich UV-Strahlung gesundheitsfördernd aus, indem durch UV-B-Strahlung die Synthese von körpereigenem Vitamin D, ein für den Menschen lebensnotwendiges Vitamin, induziert wird. Die Tatsache, dass UV-B-Strahlung ein nachgewiesenes Kanzerogen ist, gleichzeitig aber auch für die körpereigene Vitamin-D-Synthese benötigt wird, führt zu international widersprüchlichen Empfehlungen hinsichtlich einer gesundheitsförderlichen UV-Exposition - also letztendlich hinsichtlich des richtigen UV-Schutz-Verhaltens.

Es wurde hierzu in den Jahren 2013 bis 2015 das Forschungsvorhaben

- „Optimierung der Empfehlungen zu UV-Strahlung und Vitamin-D-Status durch wissenschaftliche Erfassung alltagsrelevanter Einflüsse auf die Realisierung eines optimalen Vitamin-D-Status bei minimierter solarer UV-Exposition"

durchgeführt. Nach Abschluss der Studien und Auswertung der Daten zeigte sich, dass keine verwertbaren Ergebnisse erarbeitet werden konnten. Das Projekt ist abgeschlossen.

Internationale rechtliche Regelungen im Bereich „Nicht-ionisierende Strahlung" - Optik

Weltweit existieren rechtliche Regelungen bezüglich Technik, Betrieb und Anwendung von Quellen nicht-ionisierender Strahlung. Eine Übersicht gebende Zusammenstellung fehlte, die eine wichtige Grundlage für die Harmonisierung dieser Aspekte zur Gewährleistung eines verbraucherschützenden Strahlenschutzes weltweit bilden würde. Es wurde darum ein Forschungsvorhaben (Ausführung hierzu siehe Forschung elektromagnetische Felder) initiiert:

- „Internationaler Vergleich der rechtlichen Regelungen im nichtionisierenden Bereich - Teil II - Ländervergleich der Regelungen im Bereich optischer Strahlung (siehe http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016021914007)"

Im zweiten Teil des Forschungsvorhabens wurde ein Ländervergleich rechtlicher Regelungen im Bereich optischer Strahlung durchgeführt. Das Projekt wurde 2015 abgeschlossen. Der Bericht ist im Rahmen der BfS-Schriftenreihe veröffentlicht.

Weiterführende molekularbiologische Untersuchung UV-bedingter DNA-Schäden

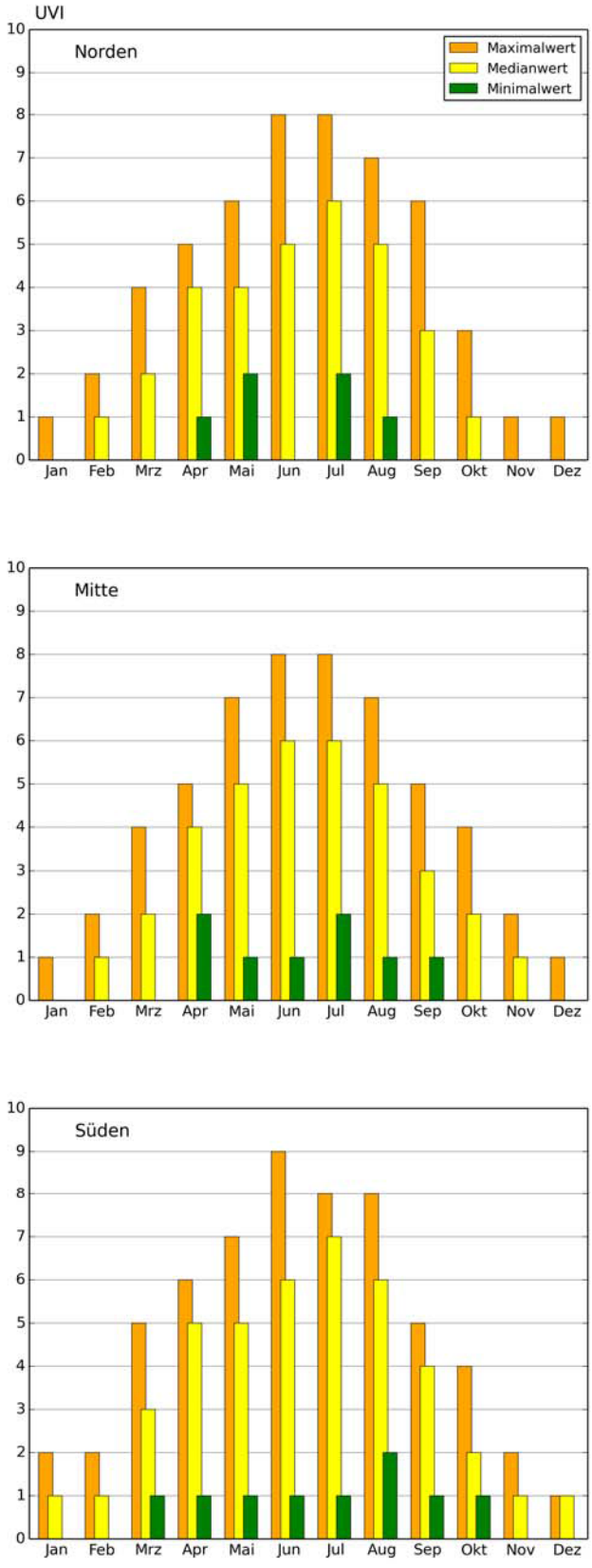
Im Rahmen des Umweltforschungsplans des BMUB wurde eine Untersuchung über Wechselwirkungen von UV-A- und UV-B-Strahlung bei aufeinander folgender (sequentieller) Exposition in menschlichen Hautzellen gefördert. Betrachtet wurden u a. Wirkungen auf die DNA-Reparatur und auf die Genexpression. Ein Ergebnis des Projekts weist darauf hin, dass eine vorgeschaltete UV-A-Bestrahlung die Reparatur von UV-bedingten DNA-Schäden deutlich verlangsamt. Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Daten fließen in das auf 5 Jahre angelegte BMBF-Verbundprojekt „KAUVIR - Kombination statt Addition: UV bis Infrarot-Strahlung in der Krebsentstehung und Alterung" ein. KAUVIR startete im September 2014. Ausführende Stellen sind das Deutsche Krebsforschungszentrum, die Elbe Kliniken, Buxtehude, das IUF - Leibniz-Institut für umweltmedizinische Forschung, Düsseldorf und die Technische Universität Darmstadt. Es werden kombinatorische Wirkungen optischer Strahlung untersucht. Das BfS wird über die Ergebnisse des Verbundprojektes „KAUVIR" informiert.

2.2 Solares UV-Monitoring in Deutschland

Im Rahmen des deutschlandweiten solaren UV-Messnetzes des BfS/UBA (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) wurde auch im Jahr 2015 an zehn repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich die bodennahe, solare UV-Strahlung spektral aufgelöst gemessen. Die Messdaten werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim gesundheitlich bewertet, dokumentiert und regelmäßig veröffentlicht.

Abbildung VI.2-1

Maximale, mediane und minimale UVI-Werte der Monate im Jahr 2015 im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands



Von den ermittelten Messwerten der bodennahen, solaren UV-Bestrahlungsstärke wird der so genannte UV-Index (UVI) abgeleitet. Der UVI beschreibt den am Erdboden auftretenden Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen (erythemwirksamen) UV-Bestrahlungsstärke und bezieht sich stets auf eine horizontale Fläche. Je höher der UVI an einem Tag ist, desto schneller kann bei ungeschützter Haut ein Sonnenbrand auftreten und desto eher sind Sonnenschutzmaßnahmen zu ergreifen (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/schutz_node.html). In den Sommermonaten werden sowohl die täglichen, aktuell gemessenen UVI-Werte als auch die 3-Tages-Prognosen der UVI-Werte vom BfS im Internet unter www.bfs.de/uv-prognose veröffentlicht. In den Wintermonaten von Oktober bis März werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht. In Abbildung VI. 2-1 sind für das Jahr 2015 die maximalen, medialen und minimalen UV-Index-Werte eines jeweiligen Monats für den Norden, die Mitte und den Süden Deutschlands dargestellt.

Man erkennt die große Schwankungsbreite der UVI-Werte innerhalb eines Monats, die vor allem wetterbedingt ist. Im Jahr 2015 traten dabei im Norden und in der Mitte Deutschlands in den Monaten Juni und Juli maximale UVI-Werte von 8 auf. In Süddeutschland wurde im Juni sogar ein UVI 9 sowie darüber hinaus auch im August ein UVI von 8 erreicht. Laut WHO (http://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf) sind ab einem UVI 3 Sonnenschutzmaßnahmen erforderlich, ab einem UVI 8 sind sie dringend erforderlich (siehe auch www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/einfuehrung/einfuehrung_node.html).

Da solch hohe sonnenbrandwirksame UV-Bestrahlungsstärken in den Sommermonaten in Deutschland regelmäßig auftreten können und der Mensch über keinen unmittelbaren Sensor zur Registrierung von UV-Strahlung verfügt, ist die Gefahr groß, dass sich Menschen unbewusst hohen UV-Belastungen zu lange aussetzen und Sonnenbrände erleiden. Um dem damit erhöhten Hautkrebsrisiko vorzubeugen (siehe S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs (http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/032-052OL.html) sind zeitnahe und flächendeckende Messungen der bodennahen solaren UV-Strahlung und die Veröffentlichung der davon abgeleiteten UVI-Werte wichtig und notwendig. Das UV-Monitoring dient somit über den wissenschaftlichen Anspruch hinaus der Aufklärung und zeitnahen Warnung und stellt damit ein effektives Tool der Hautkrebsprävention dar.

2.3 Rechtliche Regelungen von Solarienbetrieben

Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben („Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen“, NiSG und „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung“, UVSV) liegt bei den Bundesländern.

Das BMUB und das BfS haben sich auch 2015 im Rahmen Ihrer Aufgabenbereiche für die Umsetzung der rechtlichen Regelungen zur Reduzierung der UV-Belastung für Nutzerinnen und Nutzer von Solarien eingesetzt. So unterstützte das BfS das BMUB 2015 bei der Durchführung eines Bund-Länder-Gesprächs zum Thema „Vollzug der UV-Schutz-Verordnung sowie des im NiSG geregelten Solariennutzungsverbots für Minderjährige“ im BMUB Bonn. Des Weiteren bot das BfS wie in den vorangegangenen Jahren auch 2015 mit Unterstützung des BMUB Informationsveranstaltungen für Vertreter von Landesbehörden an, die mit der Kontrolle von Solarien betreibenden Gewerben gemäß NiSG und UVSV betraut sind oder sein werden. 2015 übernahm das BfS ebenso wie 2014 den Unterricht zum Thema „Überwachung von Solarien“ für den Lehrgang zur/m Hygienekontrolleur/in der Akademie für öffentliches Gesundheitswesen in Düsseldorf. Darüber hinaus unterstützen das BMUB und das BfS bei Bedarf die Behördenvertreter bei der Klärung von Fragen zu Kontrollmaßnahmen. Auf Grund bestehender Nachfrage werden weitere Informationsveranstaltungen folgen.

Gemäß UV-Schutz-Verordnung ist die Beratung von Nutzerinnen und Nutzern in Solarien durch qualifiziertes Fachpersonal gefordert. Schulungen und Fortbildungen von Fachpersonal in Solarien dürfen ausschließlich Schulungsstätten durchführen, die hierfür eigens durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (www.dakks.de) akkreditiert wurden. Für die fachlichen Belange der Akkreditierungsverfahren nahm das BfS auch 2015 beratende Funktion ein.

2.4 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

UV-Aktion des BfS

Seit 2010 führt das Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen seiner Informationskampagne „Sonne – aber sicher“ (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/sonne/sonne_node.html) bundesweit Aktionen zum UV-Schutz durch. Dazu zählen neben einer mobilen UV-Ausstellung auch das Bereitstellen zielgruppenspezifischer Unterrichtsmaterialien für Kindergärten, Grundschulen und Schulen der Sekundarstufe I. Die Unterrichtsmaterialien können ebenso wie sämtliche Informationsmaterialien zum Thema „UV-Strahlung“ kostenlos in gewünschter Stückzahl über das BfS bezogen werden.

Seit 2012 wird dieses Angebot durch Fortbildungen für Lehr- und Erziehungskräfte ergänzt. 2015 referierte das BfS zum Thema im Rahmen des 106. MNU-Bundeskongresses (Verband zur Förderung des Mathematischen und

Naturwissenschaftlichen Unterrichts MNU) in Saarbrücken. Eine zweitägige Lehrerfortbildung wurde in Boppard für die Biologielehrer des Landes Brandenburg durchgeführt. Eine eintägige Lehrerfortbildung erfolgte auf Wunsch des Schulamtes Cottbus.

Das UV-Schutz-Bündnis

2011 wurde auf Initiative des BfS das UV-Schutz-Bündnis (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/buendnis/buendnis.html) gegründet, in dem wichtige Partner auf dem Gebiet des UV-Schutzes zusammenwirken. Die Bündnispartner treten gemeinsam für einen verantwortlichen Umgang mit der Sonne und für einen gelebten UV-Schutz ein.

Anfang 2012 griff das UV-Schutz-Bündnis das Thema „UV-Exposition und Vitamin D“ auf. Das Bundesamt für Strahlenschutz initiierte zusammen mit dem UV-Schutz-Bündnis einen fachübergreifenden wissenschaftlichen Diskurs zur Harmonisierung der bis dato widersprüchlichen Empfehlungen bezüglich der UV-Exposition zur Bildung des körpereigenen Vitamin D. Auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte wurde 2014 eine von 20 wissenschaftlichen Behörden, Fachgesellschaften und Fachverbände des Strahlenschutzes, der Gesundheit, der Risikobewertung, der Medizin und der Ernährungswissenschaften konsentierte Empfehlung „UV-Exposition zur Bildung des körpereigenen Vitamin D“ veröffentlicht ((www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/akut/empfehlung.html). Sie war damit die weltweit erste interdisziplinäre Empfehlung zu diesem Thema. 2015 folgte die englische Fassung der Empfehlung, die international unter anderem im Rahmen des 3. Internationalen Hautkrebskongresses der WHO in Melbourne, Australien, bekannt gemacht wurde.

Seit 2014 fokussiert sich die Arbeit der UV-Schutz-Bündnispartner in Ergänzung zu verhaltenspräventiven Maßnahmen auf die Förderung verhältnispräventiver Hautkrebspräventionsmaßnahmen. 2015 arbeiteten alle 18 Partnerorganisationen gemeinsam an der Erstellung eines Grundsatzpapiers. Es dient dem Ziel, im Freien und in Außenanlagen öffentlicher Einrichtungen sowie in den unterschiedlichen Lebenswelten[22] der Bevölkerung verhältnispräventive Maßnahmen zum Schutz vor übermäßiger UV-Belastung und vor weiteren, durch den Klimawandel zunehmenden, gesundheitsschädigenden Belastungen der Sonne (z. B. Hitzebelastung)[23] flächendeckend zu etablieren. Die Maßnahmenentwicklung und -etablierung soll dabei unter Berücksichtigung der notwendigen Synergien von Verhaltens- und Verhältnisprävention und des Aspekts der Umweltgerechtigkeit erfolgen. Das UV-Schutz-Bündnis wird sich mit diesem Papier an die Sozialversicherungsträger[24] und die Sozialpartner „Akademie für öffentliches Gesundheitswesen“ in Düsseldorf, an Träger öffentlicher Einrichtungen, ausbildende oder ausbildungskoordinierende Organisationen sowie an die Medien wenden und zu Fachgesprächen einladen. Es soll in einem gemeinsamen, kooperierenden Miteinander und unter Zuhilfenahme der den einzelnen Adressaten zur Verfügung stehenden Mittel und Möglichkeiten erreicht werden, dass Bürgerinnen und Bürger jeder Altersklasse Schutz vor übermäßiger UV-Belastung und - soweit dies mit UV-minimierenden Maßnahmen möglich ist - auch vor übermäßiger Hitzebelastung im Freien finden. Erste Fachgespräche sind für 2017 geplant.

[22] Lebenswelten im Sinne des §20 Absatz4 Nr2 PrävG und Sozialgesetz Buch V sind für die Gesundheit bedeutsame, abgrenzbare soziale Systeme insbesondere des Wohnens, des Lernens, des Studierens, der medizinischen und pflegerischen Versorgung sowie der Freizeitgestaltung einschließlich des Sports

[23] Eis D, Helm D, Laußmann D, Stark K (2010) Klimawandel und Gesundheit - Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut, Berlin (http://www.rki.de/DE/Content/Gesund/Umwelteinfluesse/Klimawandel/Klimawandel-Gesundheit-Sachstandsbericht.pdf?__blob=publicationFile

[24] Krankenkassen, Rentenversicherung, Unfallversicherung, private Krankenversicherungsunternehmen, Bund, Länder, Kommunen

Anhang:

Verwendete Abkürzungen

ALS	Amyotrophe Lateralsklerose
ARTM	Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell
AVR	Atomversuchsreaktor (Jülich)
BDBOS	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschuz, Bau und Reaktorsicherheit
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Bq	Becquerel
Bq/m^3	Becquerel pro Kubikmeter
CONCERT	European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research (Gemeinschaftliches europäisches Program zur Integration der Strahlenschutzforschung)
DMF	Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm
DRW	Diagnostische Referenzwerte
EMF	Elektromagnetische Felder
Euratom	Europäische Atomgemeinschaft
FM	Feuchtmasse
HF	hochfrequente elktromagnetische Strahlung
Hz	Hertz
IAEA (IAEO)	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergie-Organisation IAEO)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Internationale Agentur für Krebsforschung)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements (Internationale Kommission für Strahlungseinheiten und Messungen)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Komission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung)
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkomission)
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
mSv	Millisievert
MRT	Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie)
NF	niederfreuquente elektrische und magnetische Strahlung
NIR	non ionizing radiation (nichtionisierende Strahlung)

Verwendete Abkürzungen

NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung
nSv	Nanosievert
Personen-Sv	Personen-Sievert, siehe Kollektivdosis (Erläuterungen Fachausdrücke)
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
RöV	Röntgenverordnung in der Fassung vom 30. April 2003 (Bundesgesetzblatt I, Seite 604, zuletzt geändert am 4. Oktober 2011 (Bundesgesetzblatt I, Seite 2000)
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
Sv	Sievert
TBL	Transportbehälterlager
UFOPLAN	Umweltforschungsplan des BMUB zur Gewinnung von Entscheidungshilfen und sachgerechter Erfüllung der Fachaufgaben
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation (Wissenschaftliches Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkung von atomarer Strahlung)
UV	Ultraviolette Strahlung
UVI, UV-Index	Maß für sonnenbrandwirksame solare Strahlung Der UV-Index beschreibt den am Boden erwarteten bzw. gemessenen Wert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung und dient der Information der Bevölkerung über die Gefahren der solaren UV-Strahlung
UVSV	UV-Schutzverordnung
WBA	Wasserbehandlungsanlage

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Absorption	Aufnahme der Energie einer Teilchen- oder Wellenstrahlung beim Durchgang durch Materie. Die Energie der Strahlung wird dabei in eine andere Energieform (z.B. Wärme) umgewandelt. Die von biologischen Geweben absorbierte Energie ist Grundlage für die Berechnung der von Organismen aufgenommenen Dosis
Aerosol	Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen
Aktivität (Radioaktivität)	Die Aktivität ist das Maß für die Anzahl der Zerfälle eines Radionuklids oder mehrerer Radionuklide pro Zeiteinheit (i.A. Sekunde). Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) angegeben. Die alleinige Angabe der Aktivität ohne Kenntnis des Radionuklids lässt keine Aussage über die Strahlenexposition zu
Alphastrahler	Radionuklide, die Alphateilchen (Heliumatomkerne) aussenden
Amyotrophe Lateralsklerose	Schädigung der Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern
Angiographie	Darstellung der Blutgefäße

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Äquivalentdosis	Produkt aus der Energiedosis (absorbierte Dosis) im ICRU-Weichteilgewebe und dem Qualitätsfaktor der Veröffentlichung Nr. 51 der International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU report 51, ICRU Publications, Bethesda, U.S.A.). Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Äquivalentdosis die Summe ihrer ermittelten Einzelbeiträge. Die Äquivalentdosis ist eine Messgröße. Sie wird in der Einheit Sievert (Sv) angegeben. 1 µSv = Mikrosievert ist der millionste Teil des Sievert. 1 mSv = Millisievert ist der tausendste Teil des Sievert.
Athermische Effekte (auch nicht-thermische Effekte)	Eine Reihe verschiedener Effekte bei Einwirkung elektromagnetischer Felder, die unabhängig von einer Erwärmung des Gewebes auftreten
Aufenthaltsraum	Der Aufenthaltsraum ist allgemein betrachtet ein Raum innerhalb von Wohnungen oder Gebäuden, der für einen längeren Aufenthalt von Menschen geeignet ist. Zu Aufenthaltsräumen zählen beispielsweise Wohnräume, Schlafräume und Küchen sowie Büro- und Verkaufsräume.
Becquerel	SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn 1 Atomkern je Sekunde zerfällt.
Betastrahlung	Teilchenstrahlung, die aus beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandten Elektronen oder Positronen besteht. Die Energieverteilung der Betateilchen ist kontinuierlich (Betaspektrum) und besitzt eine scharfe obere Grenze (sog. Endenergie)
Betasubmersion	Strahlenexposition durch Betastrahlung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre
Biologische Effekte	Einflüsse auf lebendes Material (Organismen, Gewebe, Zellen)
Blut-Hirn-Schranke	Die Blut-Hirn-Schranke ist eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und Hirnsubstanz. Durch sie wird der Stoffaustausch zwischen Blut und Zentralnervensystem aktiv kontrolliert. Sie hält schädliche Stoffe von den Nervenzellen fern. Die Blut-Hirn-Schranke wird von der inneren Zellschicht der kleinen Blutgefäße im Gehirn (Kapillar-Endothelzellen) und den umgebenden Hilfszellen, den Astrozyten, gebildet
BOS-Netz	Mobilfunknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Brachytherapie	Behandlung von Erkrankungen durch in den Körper eingeführte bzw. auf den Körper des Patienten aufgelegte Strahlenquellen (s.a. Teletherapie)
Computertomographie (CT)	Röntgenuntersuchung mit relativ hoher Strahlenexposition aber sehr hoher Aussagekraft durch Darstellung als überlagerungsfreies Querschnittsbild
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung radioaktiver Verunreinigungen
Deterministisch	Deterministische Strahlenschäden sind dadurch gekennzeichnet, dass die Schwere des Schadens mit der Dosis zunimmt und in der Regel ein Schwellenwert besteht, ab dem ein Schaden auftritt (z.B. Hautrötung, Augenlinsentrübung)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Diagnostischer Referenzwert (DRW)	In der RöV sind DRW definiert als „Dosiswerte für typische Untersuchungen mit Röntgenstrahlung, bezogen auf Standardphantome oder auf Patientengruppen mit Standardmaßen, mit für die jeweilige Untersuchungsart geeigneten Röntgeneinrichtungen und Untersuchungsverfahren“. Die DRW dienen den Ärzten bei häufigen und/oder dosisintensiven Röntgenuntersuchungen als obere Richtwerte, die nicht beständig und ungerechtfertigt überschritten werden dürfen. Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik sind die DRW in der nuklearmedizinischen Diagnostik keine oberen Richtwerte, sondern Optimalwerte. Sie geben also die für eine gute Bildqualität notwendige Aktivität an und sollen bei Standardverfahren und -patienten appliziert werden. Den ärztlichen Stellen fällt die Aufgabe zu, die Einhaltung der DRW bei der Patientenexposition zu überprüfen. Die DRW stellen keine Grenzwerte für Patienten dar und gelten nicht für einzelne individuelle Untersuchungen
Diuretika	Arzneimittel, die eine erhöhte Ausscheidung von Salzionen und Wasser bewirken
Dosimetrie	Quantitative Erfassung der Exposition durch Dosimeter
Dosimeter	Im Bereich ionisierender Strahlng sind dies Messgeräte zur Messung der Strahlendosis - als Energiedosis oder Äquivalentdosis. Im Bereich nichtionisierender Strahlung existieren Personendosimeter zur Bestimmung der individuellen Exposition durch elektromagnetische Felder
Dosis	Siehe Energiedosis, Äquivalentdosis, Organdosis, Kollektivdosis und effektive Dosis
Dosisfaktor	Im Dosisfaktor werden verschiedene Wichtungen für die betroffenen Organe und die Strahlungsart berücksichtigt. Beispielsweise kann durch Multiplikation des Dosisfaktors mit der Aktivität des aufgenommenen Radionuklids der Wert der jeweils betrachteten Dosis errechnet werden. Der Dosisfaktor wird auch als Dosiskoeffizient bezeichnet.
Effektive Dosis	Summe der gewichteten Organdosen in den in Anlage VI Teil C der StrlSchV angegebenen Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere Strahlenexposition; die effektive Dosis ergibt sich aus den Organdosen durch Multiplikation mit dem jeweiligen Gewebe-Wichtungsfaktor
Elektrische Feldstärke	Maß für die Stärke und Richtung der Kraft auf eine Ladung im elektrischen Feld, dividiert durch die Ladung. Ihre Einheit ist Volt pro Meter (V/m)
Elektrische Ladung	Eigenschaft von Körpern, die darin besteht, dass eine Anziehungskraft zwischen den geladenen Körpern entsteht. Willkürlich unterscheidet man zwischen positiven und negativen elektrischen Ladungen. Ladungen mit gleichen Vorzeichen stoßen sich ab, jene mit ungleichen Vorzeichen ziehen sich an. Die Einheit ist Coulomb (C)
Elektrisches Feld	Zustand des Raumes um eine elektrische Ladung, der sich durch Kraftwirkungen auf andere elektrische Ladungen äußert
Elektrische Spannung	Maß für die Arbeit, die erforderlich ist, um eine Ladung in einem elektrischen Feld von einem Punkt zum anderen zu bringen, dividiert durch die Ladung. Die Einheit ist Volt (V)
Elektrischer Strom	Die durch den Querschnitt eines Leiters pro Zeiteinheit hindurchfließende elektrische Ladung. Die Einheit ist Ampere (A)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Elektrosensibilität	Umschreibung für eine subjektiv empfundene besondere Empfindlichkeit gegenüber niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Elektromagnetische Felder werden als Ursache für verschiedene Befindlichkeitsstörungen wie Kopf- und Gliederschmerzen, Schlaflosigkeit, Schwindelgefühle, Konzentrationsschwächen oder Antriebslosigkeit gesehen. Ein wissenschaftlicher Nachweis für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Beschwerden und dem Einwirken niederfrequenter oder hochfrequenter elektromagnetischer Felder konnte bisher nicht erbracht werden
Elektrosensitivität	Besondere Empfindlichkeit gegenüber nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern; betroffene Personen spüren z.B. elektrische Ströme nachweislich bei geringeren Intensitäten als der Durchschnitt der Bevölkerung
Elektrostatisches Feld	Elektrisches Feld, in dem keine elektrischen Ströme fließen
Energiedosis	Quotient aus der Energie, die durch ionisierende Strahlung auf das Material in einem Volumenelement übertragen wird und der Masse in diesem Volumenelement. Die Einheit der Energiedosis ist das Gray (Gy), 1 Gy entspricht 1 J/kg
Epidemiologie	Die Epidemiologie ist das Studium der Verbreitung und Ursachen von gesundheitsbezogenen Zuständen und Ereignissen in bestimmten Populationen. Das epidemiologische Wissen wird im Allgemeinen angewendet, um Gesundheitsprobleme der Bevölkerung unter Kontrolle zu halten.
Exposimeter	Von Personen während der Arbeit am Körper getragenes Messgerät zur Ermittlung der Radon-222-Exposition
Fall-Kontroll-Studie	Ein Studiendesign, das in der Epidemiologie entstanden ist. Fall-Kontroll-Studien dienen dem retrospektiven Nachweis von pathogenen Faktoren für gesundheitliche Störungen. In einer Fall-Kontroll-Studie wird untersucht, ob Personen mit einer bestimmten Krankheit (sog. Fälle) häufiger oder höher exponiert waren als vergleichbare Personen ohne diese Krankheit (sog. Kontrollen). Eingebettete Fall-Kontroll-Studie: Häufig wird im Rahmen einer Kohortenstudie gezielt eine bestimmte Krankheit näher untersucht. Hierzu werden alle Personen mit dieser Krankheit (sog. Fälle) aus der Kohorte ausgewählt und eine zufällige Teilmenge von Personen aus der Kohorte ohne diese Erkrankung (sog. Kontrollen) zufällig ausgewählt. Anschließend werden für diese Untergruppe gezielt weitere Befragungen oder Erhebungen durchgeführt. Man bezeichnet diesen Studientyp als eingebettete Fall-Kontroll-Studie, da die Fall-Kontroll-Studie in eine Kohortenstudie eingebaut wird
Fall-out	Aus der Atmosphäre auf die Erde in Form kleinster Teilchen durch Niederschlag und Sedimentation von Schwebstoffen abgelagertes radioaktives Material, das zum Beispiel bei Kernwaffenversuchen entstanden ist
Fernfeld	Räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes einer Strahlungsquelle, in dem die Beträge der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke umgekehrt proportional mit der Entfernung abfallen (Strahlungsfeld in genügender Entfernung von der Quelle)
Frequenz	Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde. Die Einheit ist Hertz (Hz)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Gammastrahlung	Energiereiche elektromagnetische Strahlung, die bei der radioaktiven Umwandlung von Atomkernen oder bei Kernreaktionen auftreten kann. Sie ist von gleicher Natur wie das sichtbare Licht oder wie Radiowellen. Sie bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit und hat ein hohes Durchdringungsvermögen
Gamma-Ortsdosisleistung	Gammakomponente der Ortsdosisleistung
Gammasubmersion	Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Schwebstoffen und Gasen in der Atmosphäre
Globalstrahlung	Gesamtheit der aus dem oberen Halbraum auf horizontaler Ebene einfallenden direkten und diffusen Sonnenstrahlung
Gray (Gy)	siehe Energiedosis. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist ausführlich im Anhang des BMUB-Jahresberichts über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ erläutert.
HGÜ	Hochspannungsgleichstromübertragung
Hochfrequenz	Hochfrequente elektromagnetische Felder. Hier definiert als Frequenzen zwischen 100 kHz und 300 GHz (s. nicht ionisierende Strahlung)
Hot spots	Räumlich eng begrenzte Bereiche mit besonders hoher Absorption elektromagnetischer Felder
Induktion	Vorgang, bei dem in einem Leiter elektrischer Strom (Wirbelstrom) erzeugt wird, wenn der magnetische Fluss innerhalb dieses Leiters geändert wird
Influenz	Vorgang, bei dem in einem Körper durch ein äußeres elektrisches Feld eine Ladungsumverteilung stattfindet, so dass an der Oberfläche dieses Körpers lokal Überschüsse an positiven und an negativen elektrischen Ladungen auftreten
Infrarot-Strahlung	Optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 780nm - 1mm
Ingestion	Allgemein: Nahrungsaufnahme Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Nahrung
Inhalation	Allgemein: Einatmung Speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Atemluft
Inkorporation	Allgemein: Aufnahme in den Körper Speziell: Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Körper
Interventionelle Radiologie	Verfahren, bei dem unter Durchleuchtungskontrolle Heilmaßnahmen, hauptsächlich die Aufdehnung verengter oder verschlossener Blutgefäße, durchgeführt werden
Ionisierende Strahlung	Elektromagnetische- oder Teilchenstrahlung, welche die Bildung von Ionen (Ionisierung) bewirkt (z.B. Alphastrahlung, Betastrahlung, Gammastrahlung, Röntgenstrahlung)
Isotop	Atomart eines chemischen Elements mit gleicher Ordnungszahl, aber verschiedener Massenzahl
Kohortenstudie	Eine Untersuchung, in der eine Gruppe von Personen (Kohorte), deren Expositionsbedingungen bekannt sind, über längere Zeit beobachtet wird. Die verschiedenen Expositionen werden mit dem Auftreten von Krankheiten in Verbindung gebracht
Kollektivdosis	Die Kollektivdosis ist das Produkt aus der Anzahl der Personen der exponierten Bevölkerungsgruppe und der mittleren Pro-Kopf-Dosis. Einheit der Kollektivdosis ist das Personen-Sievert

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Kontamination	Speziell: Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen a) Oberflächenkontamination: Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, die die nicht festhaftende, die festhaftende und die über die Oberfläche eingedrungene Aktivität umfasst. Die Einheit der Messgröße der Oberflächenkontamination ist die flächenbezogene Aktivität in Becquerel pro Quadratzentimeter. b) Oberflächenkontamination, nicht festhaftende: Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, bei denen eine Weiterverbreitung der radioaktiven Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann
Kosmische Strahlung	Sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum
Kosmogene Radionuklide	In der Erdatmosphäre durch kosmische Strahlung erzeugte Radionuklide
Linearer Energietransfer (LET)	Der Lineare Ernergietransfer ist ein Maß für die Dichte der Ionisierung bei ionisierenden Strahlen
Leukämie	Krebs der weißen Blutzellen; Ursache weitgehend unbekannt; Inzidenzhäufigkeit 40 – 50 Fälle je 1 Million Einwohner. Es gibt mehrere Typen mit unterschiedlichem Krankheitsverlauf und unterschiedlicher Heilungswahrscheinlichkeit
Machbarkeitsstudie	In einer Machbarkeitsstudie wird untersucht, ob und unter welchen Bedingungen eine geplante aufwändige Untersuchung erfolgreich sein kann
Magnetfeld	Zustand des Raumes, der sich durch Kraftwirkungen auf magnetische Dipole (Magnetnadeln) äußert
Magnetische Feldstärke	Maß für die Stärke und Richtung des Magnetfeldes. Die Einheit ist Ampere pro Meter (A/m)
Magnetische Flussdichte	Größe, die die Induktionswirkung des magnetischen Feldes beschreibt. Die Einheit ist Tesla (T). Magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke sind durch die Permeabilität μ (eine Materialkonstante) verbunden
Magnetische Induktion	Magnetische Flussdichte; Maß für die Anzahl der magnetischen Feldlinien pro Fläche. Die Einheit ist das Tesla (T). 1 T = 1 Vs/m^2 (Voltsekunde pro Quadratmeter)
Magnetresonanztomographie (MRT) (Kernspintomographie)	Schnittbildverfahren in der radiologischen Diagnostik, das im Gegensatz zur Computer-Tomographie (CT) keine ionisierende Strahlung verwendet, sondern verschiedene magnetische und elektromagnetische Felder. Bei Einhaltung aktueller Sicherheitsempfehlungen ist die Untersuchung für den Patienten mit keinen gesundheitlichen Risiken verbunden.
Medianwert	Derjenige Messwert aus einer Reihe unterhalb und oberhalb dessen jeweils 50 % der Messwerte liegen
Myokardszintigraphie (MSZ)	Nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren, das je nach Durchführung Informationen über die Durchblutungsverhältnisse, Vitalität und Funktion des Herzmuskels liefert.
Nachweisgrenze	Die Nachweisgrenze bezeichnet den Wert eines Messverfahrens, bis zu dem die Messgröße mit den besten zurzeit verfügbaren Nachweismethoden gerade noch zuverlässig nachgewiesen werden kann, also in einem vorgegebenen statistischen Konfidenzintervall liegt.
Nahfeldexposition	Räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes zwischen der Strahlungsquelle und ihrem Fernfeld (elektromagnetisches Feld in unmittelbarer Nähe der Strahlungsquelle)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Nicht ionisierende Strahlung (NIR)	Elektrische, magnetische sowie elektromagnetische Felder mit Wellenlängen von 100 nm und darüber, die in der Regel keine Bildung von Ionen (Ionisierung) bewirken können
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen vom 29. Juli 2009 (Bundesgesetzblatt I Seite 2433), geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 11. August 2010 (Bundesgesetzblatt I Seite 1163)
Nuklearmedizin	Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken
Nuklid	Durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart
Organdosis	Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor nach Anlage VI Teil C der StrlSchV. Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die Organdosis die Summe der nach Anlage VI Teil B ermittelten Einzelbeiträge durch äußere oder innere Strahlenexposition
Ortsdosis	Äquivalentdosis, gemessen an einem bestimmten Ort mit den in Anlage VI Teil A der StrlSchV angegebenen Messgrößen
Ortsdosisleistung	Ortsdosis pro Zeitintervall
Personendosis	Die Personendosis ist in der Strahlenschutzverordnung definiert als Messgröße. Sie entspricht der Äquivalentdosis gemessen an einer repräsentativen Stelle der Oberfläche einer Person. Man unterscheidet die Tiefen-Personendosis Hp(10) in einer Messtiefe von 10 mm und die Oberflächen-Personendosis Hp(0,07) in einer Messtiefe von 0,07 mm
Personendosimeter (nicht ionisierende Strahlung)	Messgerät zur Bestimmung der Höhe der Exposition durch niederfrequente oder hochfrequente elektromagnetische Felder einer einzelnen Person
Perzentil	Statistischer Wert, der von einem bestimmten Prozentsatz der Messergebnisse einer Stichprobe eingehalten wird (z. B. 95. Perzentil ist der Wert, der von nur 5 % der Stichprobe überschritten wird)
Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	Nuklearmedizinisches Schnittbildverfahren, mit dessen Hilfe physiologische Funktionen und Stoffwechselprozesse sichtbar gemacht und quantifiziert werden können. Es beruht auf der Markierung von Biomolekülen mit kurzlebigen Radionukliden (Radiotracer), bei deren Zerfall Positronen entstehen. Die emittierte Strahlung wird mittels eines Detektorrings, der den Patienten umgibt, registriert und in Bilder umgesetzt, die die Verteilung des Radiotracers im Körper darstellen.
Pyranometer	Messgerät zur kontinuierlichen Aufnahme der Globalstrahlung
Querschnittsstudie	Querschnittsstudien umfassen eine Auswahl von Personen aus einer Zielpopulation zu einem festen Zeitpunkt (Stichtag). Für die ausgewählten Personen wird der Krankheitsstatus und die gegenwärtige oder auch frühere Exposition gleichzeitig erhoben
Radioaktive Stoffe	Stoffe, die ionisierende Strahlung spontan aussenden
Radioaktivität	Eigenschaft bestimmter chemischer Elemente bzw. Nuklide, ohne äußere Einwirkung Teilchen- oder Gammastrahlung aus dem Atomkern auszusenden
Radiojod	Radioaktive Jodisotope
Radionuklide	Instabile Nuklide, die unter Aussendung von Strahlung in andere Nuklide zerfallen

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Risiko	Qualitative und/oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit seines Eintreffens (Eintrittswahrscheinlichkeit) und der Tragweite der Schadenswirkung
Risikokommunikation	Interaktiver (wechselseitiger) Prozess des Austausches von Informationen und Meinungen zu Risiken zwischen wissenschaftlichen Experten, Risikomanagern (Behörden) und der Öffentlichkeit (Betroffene, Interessensgruppen, etc.)
Risikowahrnehmung	Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen auf Grund persönlicher Erfahrungen, aufgenommener Informationen und der Kommunikation mit anderen Individuen
Schwebstoffe	Feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft (Durchmesser: 10^{-3} bis 10^{-8} cm). Der überwiegende Teil der natürlichen und künstlichen Radionuklide der Luft ist an Schwebstoffe gebunden
Sendeleistung	Die von einer Antenne abgestrahlte elektrische Leistung
SI-Einheiten	Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI, frz. Système international d'unités). Die Anwendung der Einheiten im Strahlenschutzmesswesen ist durch die Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 13.12.1985 (Bundesgesetzblatt I Seite 2272) geregelt
Sievert (Sv)	SI-Einheit der Organdosis, der effektiven Dosis sowie der Äquivalentdosis 1 Sievert (Sv) = 100 Rem 1 Sievert = 1 000 Millisievert (mSv) = 1 000 000 Mikrosievert (µSv) = 1000000000 Nanosievert (nSv) Die Einheit Sv entspricht J/kg. Der Zusammenhang der verschiedenen Dosisgrößen ist in Anhang des BMUB-Jahresberichts über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ erläutert.
Signaltransduktion	In der Biochemie und Physiologie werden damit Prozesse bezeichnet, mittels derer Zellen zum Beispiel auf äußere Reize reagieren, diese umwandeln und in das Zellinnere weiterleiten. An diesen Prozessen sind oft eine Vielzahl von Enzymen und sekundären Botenstoffen in einer oder mehreren nachgeschalteten Ebenen beteiligt (Signalkaskade).
Spezifische Absorptionsrate (SAR)	Die auf die Masse eines Körpers bezogene absorbierte Strahlungsleistung (Energie). Die Einheit ist Watt pro Kilogramm (W/kg)
Stochastisch	Zufallsbedingt; stochastische Strahlenschäden sind solche, bei denen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von der Dosis abhängt, nicht jedoch deren Schwere
Strahlenbelastung	Siehe Strahlenexposition
Strahlenexposition	Einwirkung ionisierender oder nicht ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper oder Körperteile. Ganzkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender oder nicht ionisierender Strahlung auf den ganzen Körper, Teilkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender oder nicht ionisierender Strahlung auf einzelne Organe, Gewebe oder Körperteile. Äußere Strahlenexposition ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen außerhalb des Körpers. Innere Strahlenexposition ionisierender Strahlung ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen innerhalb des Körpers
Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)	Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (Bundesgesetzblatt I Seite 1714, (2002, 1459)), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (Bundesgesetzblatt I Seite 212)

Erläuterung wichtiger Fachausdrücke

Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)	Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19. Dezember 1986 (Bundesgesetzblatt I Seite 2610), zuletzt geändert durch Artikel 1 des ersten Gesetzes zur Änderung des Strahlenvorsorgegesetzes vom 8. April 2008 (Bundesgesetzblatt I Seite 686)
Teletherapie	Behandlung von Erkrankungen durch Bestrahlung des Körpers von außen (s.a. Brachytherayie)
Terrestrische Strahlung	Strahlung der natürlich radioaktiven Stoffe, die überall auf der Erde vorhanden sind
Tritium	Radioaktives Isotop des Wasserstoffs, das Betastrahlung sehr niedriger Energie aussendet
UV-Schutzverordnung (UVSV)	UV-Schutz-Verordnung vom 20. Juli 2011 (Bundesgesetzblatt I Seite 1412)
UV-Strahlung	UV-Strahlung gliedert sich in den **UV-A-** (320–400 nm), **UV-B-** (280–320 nm) und **UV-C**- (200–280 nm) Anteil auf (siehe auch Anhang des BMUB-Jahresberichts über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“)
Wirbelstrom	Durch Induktion in einem leitfähigen Körper erzeugter elektrischer Strom

Stichwortverzeichnis

(fette Seitenzahlen beziehen sich auf das Glossar bzw. das Abkürzungsverzeichnis)

A
Abklingbecken *21*
Absorption **46**
Abwasser *15*, *17–19*
Aerosol **46**
Aktivität (Radioaktivität) **46**
ALLIANCE *7*
Alphastrahler *15*, *17*, *19*, **46**
Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) *37*
Angiographie **46**
Äquivalentdosis **47**
Athermische Effekte *47*
Atmosphärisches Radionuklid-Transportmodell (ARTM) *15*, *21*, **45**
AVR *16*, **45**

B
Baugrund *12*
Baumaterialien *8–9*, *12*
Baustoffe *9*
Bayerischer Wald *9*, *26*
BDBOS **45**
Becquerel **47**
Bergbau *11*, *23*
Besondere Vorkommnisse *31*
Betastrahlung **47**
Betasubmersion **47**
Bims *12*
Biologische Effekte **47**
Blut-Hirn-Schranke **47**
BMBF **45**
BMG **45**
Böden *8*
BOS **45**, **47**
Brachytherapie **47**
Brennelemente *19*
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) *4–5*, *7*, *10–13*, *25–26*, *30–31*, *33–34*, *36–41*, *43–***45**
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) *4*, *11*, *34–37*, *39*, *41*, *43*, **45**

C
Cäsium-137 *26*
Computertomographie **47**
Computertomographie (CT) *32–33*
CONCERT *6–7*, **45**

D
Dekontamination **47**
Deterministisch **47**
Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF) *37*, *40*, **45**
Diagnostische Referenzwerte **48**
Diuretika **48**
Dosimeter **48**
Dosimetrie **48**
Dosis **48**
Dosisfaktor **48**
Druckwasserreaktor *15*
DRW **45**

E
Edelgase *14*, *16*
Effektive Dosis **48**
Effektive Jahresdosis *9*
Elektrische Feldstärke **48**
Elektrische Ladung **48**
Elektrische Spannung **48**
Elektrischer Strom **48**
Elektrisches Feld **48**
Elektromagnetische Felder *36*
Elektrosensibilität **49**
Elektrosensitivität **49**
Elektrostatisches Feld **49**
EMF **45**
Endlager Morsleben *15*, *21*
Energiedosis **49**
Epidemiologie **49**
Erhöhte natürliche Radioaktivität *24*
EURADOS *7*
EURAMED *7*
Euratom **45**
Euratom-Grundnormen *4–5*, *7*, *11–13*, *24*, *30*
European Joint Programme *6*

F
Fall-Kontroll-Studie **49**
Fall-out **49**
Fernfeld **49**
Flugpersonal *30*
Flussfisch *18*
FM **45**
Forschungszentrum *13*, *16–18*
Fortluft *14*, *17–18*
Frequenz **49**

G
Gamma-Ortsdosisleistung *9–10*
Gammastrahlung *8*, **50**
Gammasubmersion **50**
Gips *12*

Globalstrahlung **50**
Granit *9*

H
Heilbäder *30*
Hochfrequenz **50**
Hochradioaktive Strahlenquellen *25*
Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) *36–37*
Hot spots **50**
Hz **45**

I
IAEA *12*, **45**
IARC **45**
ICNIRP **45**
ICRP **45**
IMIS *10*, *26*, **45**
Induktion **50**
Industrie *11*, *24*
Industrieerzeugnisse *24*
Industrieprodukte *9*
Influenz **50**
Infrarot-Strahlung **50**
Ingestion **50**
Inhalation *12*, **50**
Inkorporation *8*, **50**
Inkorporationsüberwachung *29*
Interventionelle Radiologie **50**
Ionisierende Strahlung *26*, *32*
Ionisierende Strahlung (Begriff) **50**
Isotop **50**

J
Jod-129 *16*
Jod-131 *14*, *16*
Jülich *18*

K
Kalium-40 *8–9*, *11*
Kalksandstein *12*
Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe *13*, *18–19*
Kernkraftwerk *13–15*, *19*
  Biblis *14*
  Brokdorf *14*
  Brunsbüttel *14*
  Emsland *14*, *18*
  Greifswald *14*
  Gundremmingen *14*, *16*
  Isar *14*
  Krümmel *14*
  Lingen *14*
  Neckar *14*, *18*
  Obrigheim *14*
  Phillipsburg *14*
  Rheinsberg *14*
  Stade *14*
  Unterweser *14*
  Würgassen *14*
Kernwaffenversuche *26*
Kleinkinder *16*
Kohlendioxid *15*
Kohlenstoff-14 *14*, *16*
Kohortenstudie **50**
Kollektivdosis **50**
Konsumgüter *26*
Kontamination **51**
kosmische Strahlung **51**

L
Leukämie *37*, **51**
Linearer Energietransfer **51**

M
Machbarkeitsstudie **51**
Magnetfeld **51**
Magnetische Feldstärke **51**
Magnetische Flussdichte **51**
Magnetische Induktion **51**
Main *18*
Mammographie-Screening *33*
Medianwert **51**
MELODI *7*
Milch *26*
MRT **45**, **51**
Myokardszintigraphie **51**

N
Nachweisgrenze **51**
Nahfeldexposition **51**
Nahrung *11*, *15*
Nahrungsmittel *11*
Neckar *18*
NERIS *7*
Neutronen *9*
Neutronendosis *19*
Nichtionisierende Strahlung *4*, *36*, **52**
Nicht-thermische Effekte
  siehe athermische Effekte
NIR **45**
Nuklearmedizin **52**
Nuklearmedizinische Diagnostik *35*
Nuklid **52**

O
Optische Strahlung *41*
Organdosis **52**
Ortsdosis **52**
Ortsdosisleistung **52**

P
Personendosimeter **52**
Personendosis *27–31*, **52**
Perzentil **52**
PET *35*, **46**, **52**
Pyranometer **52**

Q
Querschnittsstudie **52**

R
Radioaktive Stoffe
im Haushalt *24*
in der Technik *24*
Radioaktivität **52**
Radiojod **52**
Radon *12–13*
an Arbeitsplätzen *4*
in der Bodenluft *11*
in Innenräumen *4*
Radon-220 *8*
Radon-222 *8*
Radonhandbuch *13*
Rhein *18*
Risiko *4–5*, *11*, *13*, *36–37*, *43–44*, **53**
Risikokommunikation *38–39*, **53**
Risikowahrnehmung *39*, **53**
Röntgendiagnostik *32–34*, *36*
Röntgenverordnung (RöV) *25–26*, *28*, **46**
Rubenow *19*
Rückstände *23*

S
Sachsen *9*, *11*
Sachsen-Anhalt *9*
Schauhöhlen *30*
Schilddrüsendosis *16*
Schwarzwald *9*
Schwebstoffe *14*, **53**
Sendeleistung **53**
SI-Einheiten **53**
Sievert **53**
Signaltransduktion **53**
Solares UV-Monitoring *41*
Solarien *43*
Solarienbetriebe *43*
Spezifische Absorptionsrate (SAR) *40*, **53**
SSK (Strahlenschutzkommission) *5*
Stochastisch **53**
Störstrahler *26*
Strahlenbelastung **53**
Strahlenexposition
äußere - siehe externe *12*
berufliche *27–28*
externe *8–10*, *12*
im Freien - siehe externe
in der Umgebung kerntechnischer Anlagen *15*
in der Umgebung von Kernkraftwerken *17*
innere *8*, *11*
kosmische *8*
medizinische *32*
natürliche *8*, *12*, *30*
terrestrische *8*
zivilisatorische *13*, *27*
Strahlenexposition (Begriff) **53**
Strahlenschutzkommission **46**
Strahlenschutzverordnung *15*, *24–25*
Strahlenschutzvorsorgegesetz *4*
StrlSchV **53**
StrVG **54**

T
Teletherapie **54**
Terrestrische Strahlung *9*, **54**
Thorium-232 *8*
Thorium-Zerfallreihe *11*
Thüringen *9*, *11*
Transportbehälterlager (TBL) *19*, **46**
Trinkwasser *7–8*, *11*
Trinkwasserverordnung *8*
Tritium *14–17*, **54**
Tschernobyl *26*

U
Umweltforschungsplan (UFOPLAN) *35–36*, *40*, *46*
Umweltradioaktivität *23*
Umweltzeichen „Blauer Engel“ *40*
UNSCEAR *11*, **46**
Uran-235 *8*
Uran-238 *8*
Uranbergbau *11*
Uran-Radium-Zerfallsreihe *11*, *23*, *31*
UV-Index *42*, **46**
UV-Strahlung *41*, **46**, **54**

W
Wasserwerke *30*
WBA **46**
Weltgesundheitsorganisation (WHO) *13*
Wirbelstrom **54**
Wismut *23*

Z
Zwischenlager *19*

Satz: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH, Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken, www.satzweiss.com
Druck: Printsystem GmbH, Schafwäsche 1-3, 71296 Heimsheim, www.printsystem.de
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44, www.betrifft-gesetze.de
ISSN 0722-8333